

1419

NINA Rapport

## Evaluerer av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Agder

Redoksmålinger i Hammerbekken, Lilleelv, Storelva, Straibekken og Vassbotnbekken

Jon H. Magerøy



# NINAs publikasjoner

## **NINA Rapport**

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig..

## **NINA Temahefte**

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

## **NINA Fakta**

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

## **Annen publisering**

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

# Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Agder

Redoksmålinger i Hammerbekken, Lilleelv, Storelva,  
Straibekken og Vassbotnbekken

Jon H. Magerøy

Magerøy, J.H. 2017. Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Agder: Redoksmålinger i Hammerbekken, Lilleelv, Storelva, Straibekken og Vassbotnbekken - NINA Rapport 1419. 62 s.

Oslo, desember 2017

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3148-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Jon H. Magerøy

KVALITETSSIKRET AV

Bjørn Mejdell Larsen

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Erik Framstad (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Frode Kroglund, Birgit Solberg og Per Ketil Omholt

FORSIDEBILDE

Bjørn Mejdell Larsen

NØKKEWORD

Elvemusling (*Margaritifera margaritifera*), juvenile muslinger, habitatkvalitet, redokspotensial, bevaringstiltak, Hammerbekken i Risør kommune, Lilleelv i Arendal kommune, Storelva i Tvedestrand kommune og Vassbotnbekken i Birkenes kommune i Aust-Agder, og Straibekken i Kristiansand kommune i Vest-Agder

KEY WORDS

Freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*), juvenile mussels, habitat quality, redox potential, conservation measures, Hammerbekken Stream in Risør Municipality, Lilleelv River in Arendal Municipality, Storelva River in Tvedestrand Municipality and Vassbotnbekken Stream in Birkenes Municipality in Aust-Agder County, and Straibekken Stream in Kristiansand Municipality in Vest-Agder County

#### KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA hovedkontor**

Postboks 5685 Torgarden  
7485 Trondheim  
Tlf: 73 80 14 00

**NINA Oslo**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Tlf: 73 80 14 00

**NINA Tromsø**

Postboks 6606 Langnes  
9296 Tromsø  
Tlf: 77 75 04 00

**NINA Lillehammer**

Vormstuguvegen 40  
2624 Lillehammer  
Tlf: 73 80 14 00

**NINA Bergen**

Thormøhlensgate 55  
5006 Bergen  
Tlf: 73 80 14 00

[www.nina.no](http://www.nina.no)

## Sammendrag

Magerøy, J.H. 2017. Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Agder: Redoksmålinger i Hammerbekken, Lilleelv, Storelva, Straibekken og Vassbotnbekken – NINA Rapport 1419. 62 s.

Den største trusselen mot elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) er endringer i miljøet som resulterer i redusert rekruttering av juvenile muslinger. En hovedgrunn til redusert rekruttering er økt eutrofiering og tilslamming av substratet, med påfølgende oksygenreduksjon i interstitiale rom i substratet. Siden juvenile elvemuslinger lever nedgravd i substratet, fører dette til økt eller total dødelighet blant de juvenile muslingene. I Agder sliter alle bestandene med liten eller ingen rekruttering. Dermed er det gjennomført flere tiltak for å forbedre statusen til disse bestandene, inkludert inntak av stammuslinger til det nasjonale kultiveringsprogrammet for elvemusling.

Allikevel vet man lite om hva som hindrer rekruttering i disse bestandene. For å forstå hvorfor rekrutteringen svikter og hva som kan gjøres for å øke denne, ble det gjennomført målinger av redokspotensial i fem vassdrag med redusert rekruttering av elvemusling. Disse målingene gir et bilde på oksygentilgjengeligheten i substratet og, dermed, habitatkvaliteten for juvenile muslinger.

I Hammerbekken var tilstanden generelt dårlig, men funnene viser at enkelte av stasjonene sannsynligvis er egnet for juvenil elvemusling og utsetting av muslinger fra kultiveringsprogrammet. Den dårlige tilstanden kan kanskje forklares med noe forhøyet nitrat- og partikkeltilførsel til bekken.

I Lilleelv var tilstanden generelt dårlig, men funnene viser at enkelte av stasjonene sannsynligvis er egnet for utsetting av muslinger fra kultiveringsprogrammet. Den dårlige tilstanden i elven kommer sannsynligvis av høy partikkeltilførsel, men årsakene til denne tilførselen er ukjent.

I Storelva var tilstanden generelt god. Funnene viser at de fleste av stasjonene egner seg for juvenil elvemusling og at alle stasjonene nok egner seg for utsetting av muslinger fra kultiveringsprogrammet, hvis det skulle bli aktuelt en gang i framtiden.

I Straibekken var tilstanden generelt god, men det var stor variasjon mellom stasjonene. Funnene viser at enkelte av stasjonene sannsynligvis egner seg for juvenil elvemusling og for utsetting av muslinger fra kultiveringsprogrammet, hvis det skulle bli aktuelt en gang i framtiden. Den svært dårlige tilstanden ved enkelte av stasjonene kan sannsynligvis forklares med hogst, beitedyrs tilgang til bekken, og/eller næringstilførsel fra jordbruk og bebyggelse.

I Vassbotnbekken var tilstanden generelt dårlig, men funnene viser at enkelte av områdene i bekken sannsynligvis er egnet for utsetting av muslinger fra kultiveringsprogrammet. Den dårlige tilstanden i bekken kommer sannsynligvis av høy næringstilførsel og stor beveraktivitet.

På grunn av store mengder nedbør under den tiltenkte undersøkelsesperioden ble redoksmålingene gjennomført senere enn det som normalt er perioden med lavest oksygentilgang i substratet. Allikevel viste alle de undersøkte vassdragene seg å ha større eller mindre problemer med oksygentilgjengelighet og det må antas at forholdene er verre i løpet av en normal sommer.

Jon H. Magerøy, NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo, jon.mageroy@nina.no

## Abstract

Magerøy, J.H. 2017. Evaluation of habitat quality for juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in Aust- and Vest-Agder Counties: Redox measurements in Hammerbekken, Lilleelv, Storelva, Straibekken and Vassbotnbekken - NINA Report 1419. 62 pp.

The greatest threat against the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) are changes in the environment that result in reduction in recruitment of juveniles. One main reason for such a recruitment loss is increased eutrophication and siltation, reducing oxygen levels in the substrate. Since juveniles live buried in the substrate, this leads to increased mortality among the young mussels. In Agder, all of the populations are struggling with reduced recruitment. Thus, several measures have been taken to improve the status of these populations, including the inclusion of brood stock mussels in the Norwegian cultivation program for the mussel.

Even so, little is known about the causes that prevent recruitment in these watercourses. To better understand why recruitment fails and to understand the measures necessary to increase recruitment, redox potential was measured in five watercourses with little or no recruitment. These measurements serve as a proxy for oxygen availability in the substrate and, thus, habitat quality for juvenile mussels.

In Hammerbekken Stream, the conditions were generally poor, but the findings suggest that some of the sites are suitable for juvenile freshwater pearl mussels and release of mussels from the cultivation program. The poor state is possibly due to high nitrate and particle input into the stream.

In Lilleelv River the conditions were generally poor, but the findings suggest that some of the sites are suitable for release of freshwater pearl mussels from the cultivation program. The poor state is likely due to high particle input to the river, but the sources of this input are unknown.

In Storelva River the conditions were generally good. The findings suggest that most of the stations are suitable for juvenile freshwater pearl mussels and that all of the stations are suitable for release of mussels from the cultivation program, if this population is included in the program.

In Straibekken Stream the conditions were generally good, but there was substantial variation within the stream. The findings suggest that some of the stations are suitable for juvenile freshwater pearl mussels and for release of mussels from the cultivation program, if this population is included in the program. The poor state at some of the stations is likely due to logging, livestock access to the stream, and/or nutrient input from farming and the surrounding community.

In Vassbotnbekken Stream the conditions were generally poor, but the findings suggest that some of the areas within the stream are suitable for release of freshwater pearl mussels from the cultivation program. The poor state is likely due to high nutrient input and beaver activity.

Due to high precipitation during the planned sampling period, the redox measurements were completed later than the time period that has the lowest oxygen availability in the substrate. Even so, all the sampled watercourses had greater or smaller problems with oxygen availability and it must be assumed that the conditions would be worse at some point during a normal summer.

Jon H. Magerøy, NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo, Norway, jon.mageroy@nina.no

# Innhold

<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>4</b>
<b>Innhold.....</b>	<b>5</b>
<b>Forord .....</b>	<b>6</b>
<b>1 Innledning.....</b>	<b>7</b>
<b>2 Redoksmålinger: Generell metodebeskrivelse .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Hammerbekken .....</b>	<b>11</b>
3.1 Områdebeskrivelse .....	12
3.2 Elvemusling.....	14
3.3 Metodikk.....	14
3.4 Resultater.....	16
3.5 Diskusjon .....	18
<b>4 Lilleelv.....</b>	<b>21</b>
4.1 Områdebeskrivelse .....	22
4.2 Elvemusling.....	22
4.3 Metodikk.....	26
4.4 Resultater.....	26
4.5 Diskusjon .....	26
<b>5 Storelva.....</b>	<b>31</b>
5.1 Områdebeskrivelse .....	31
5.2 Elvemusling.....	33
5.3 Metodikk.....	35
5.4 Resultater.....	35
5.5 Diskusjon .....	35
<b>6 Straibekken .....</b>	<b>39</b>
6.1 Områdebeskrivelse .....	39
6.2 Elvemusling.....	40
6.3 Metodikk.....	41
6.4 Resultater.....	42
6.5 Diskusjon .....	42
<b>7 Vassbotnbekken .....</b>	<b>46</b>
7.1 Områdebeskrivelse .....	46
7.2 Elvemusling.....	48
7.3 Metodikk.....	48
7.4 Resultater.....	50
7.5 Diskusjon .....	51
<b>8 Oppsummering .....</b>	<b>55</b>
<b>9 Referanser .....</b>	<b>59</b>

## Forord

I Agder er det påvist liten eller ingen rekruttering av juvenile muslinger i alle de gjenværende elvemuslingbestandene. Ved å måle reduksjonspotensialet (redoksmålinger) kan man vise om redusert oksygentilgang i substratet kan være årsaken til problemet eller hvorvidt man må undersøke om andre faktorer er årsaken til rekrutteringssvikten. Redoksmålinger vil også kunne brukes til å evaluere hvilke deler av vassdragene som er best egnet som oppvekstområder for unge muslinger. Dette er spesielt viktig siden flere av bestandene er tatt inn i det nasjonale kultiveringsprogrammet for elvemusling og det kommer til å bli satt ut juvenile muslinger i disse vassdragene i årene som kommer.

På bakgrunn av dette søkte NINA Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder om tiltaksmidler fra Miljødirektoratet for å gjennomføre redoksmålinger i flere vassdrag i Agder. Det ble bevilget midler til å gjennomføre redoksmålinger i fem vassdrag. Hammerbekken, Lilleelv i Nidelva/Arendalsvassdraget, Storelva (Vegårvassdraget), Straibekken i Otra og Vassbotnbekken i Tovdalsvassdraget ble valgt ut til prosjektet. Jeg vil gjerne takke Frode Kroglund for godt samarbeid under planleggingen av prosjektet.

14.12.2017, Jon H. Magerøy



# 1 Innledning

Den største trusselen mot elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) er endringer i miljøet som resulterer i reduksjon eller tap av rekruttering av juvenile muslinger. En av hovedgrunnene til et slikt tap av rekruttering er økt eutrofiering og tilslamming av substratet med påfølgende reduksjon i oksygennivået i interstitiale rom i substratet. Siden juvenile elvemuslinger lever nedgravd i substratet, fører dette til økt eller total dødelighet blant de juvenile muslingene (Larsen 1997, 2005).

I Agder har, spesielt, Einar Kleiven, Bjørn Mejdell Larsen og Dag Dolmen gjort et stort arbeid med å identifisere og beskrive statusen til bestander med elvemusling. Dette arbeidet har vist at alle bestandene har redusert eller fullstendig manglende rekruttering (Larsen 2007, Larsen & Simonsen 2008, Kleiven & Dolmen 2009, Kleiven mfl. 2013, Larsen & Magerøy 2016a, 2016b, Magerøy 2017, Magerøy & Larsen 2017). I tillegg er det påvist at flere bestander har dødd ut (oppsummert i Kleiven mfl. 2013, Magerøy & Larsen under utarbeidelse, NINAs interne database, upubl. mat.). Grunnlaget for å forstå hvorfor mange av disse bestandene sliter, er, først og fremst, basert på ekspertvurdering av miljøforholdene rundt og i vassdragene (Dolmen & Kleiven 2004, Larsen 2007, Larsen & Simonsen 2008, Kleiven & Dolmen 2008a, 2008b, 2009, Kleiven mfl. 2013, Larsen & Magerøy 2016a, 2016b, Magerøy 2017, Magerøy & Larsen 2017, under utarbeidelse). I tillegg er vannprøver brukt for å øke forståelsen av nåværende status for elvemusling i noen av vassdragene (Dolmen & Kleiven 2004, Larsen 2007, Larsen & Simonsen 2008, Kleiven & Dolmen 2008a, 2009, Magerøy & Larsen 2017).

Basert på statusen og miljøsituasjonen i vassdragene er det også i noen tilfeller foreslått eller gjennomført tiltak for å bedre situasjonen for elvemuslingen. Slike tiltak inkluderer flytting av muslinger til egnede områder innenfor et vassdrag (Larsen & Magerøy 2016a), kalking (Magerøy & Larsen 2017, under utarbeidelse), reduksjon av næringstilførsel (Magerøy & Larsen 2017, under utarbeidelse), reduksjon av annen forurensning (Larsen 2001, Magerøy & Larsen 2017, under utarbeidelse), forbedring av habitatforhold for vertsfisk (Magerøy & Larsen under utarbeidelse), fjerning av vandringshindre for fisk (Magerøy & Larsen 2017, under utarbeidelse), og reintroduksjon av muslinger i vassdrag med utdødde bestander (Dolmen & Kleiven 1993, Magerøy & Larsen 2017, under utarbeidelse). I tillegg er muslinger fra Agder tatt inn til oppformering i det nasjonale kultiveringsprogrammet for elvemusling (for en oversikt over programmet, se Jakobsen mfl. 2013, 2015, 2017, Jakobsen & Jakobsen 2014, Larsen 2015). Dette gjelder Hammerbekken, Lilleelv i Nidelva/Arendalsvassdraget og Vassbotnbekken (Jakobsen mfl. 2017, Magerøy & Larsen under utarbeidelse). I tillegg kan det være aktuelt å ta inn muslinger fra de andre bestandene også (Magerøy 2017, Magerøy & Larsen under utarbeidelse).

Måling av redokspotensial (redoksmålinger) i elvemuslingvassdrag vil generelt gi en bedre forståelse for hvordan man skal forvalte arten. Slike målinger sammenligner tilgjengelig oksygen i substratet med oksygennivået i de frie vannmassene. Hvis verdiene i substratet er lave eller forskjellene er store mellom substratet og de frie vannmassene, indikerer dette at området ikke er egnet som habitat for juvenile muslinger (Killeen 2006, Geist & Auerswald 2007). Samtidig er disse målingene bedre egnet til å evaluere habitatkvalitet for juvenil elvemusling enn direkte målinger av oksygennivå og andre mer kvalitative vurderinger (Norsk Standard NS-EN 16859:2017). Metoden er allerede tatt i bruk for å evaluere habitatkvaliteten for juvenile muslinger i vassdrag i Norge (bl.a. Larsen 2012).

Redoksmålinger vil kunne benyttes for å få en bedre forståelse av hva som er årsaken til at rekrutteringen hos elvemusling er delvis eller helt manglende i muslingvassdrag i Agder. Lavt redokspotensial i substratet viser at oksygenmangel, sannsynligvis på grunn av eutrofiering og avrenning som fører til siltering, hindrer rekruttering. Dermed må tiltak gjennomføres for å endre på dette. Slike tiltak kan inkludere reduksjon av tilførsel av næringsstoffer, reduksjon av avrenning og erosjon, og/eller hydromorfologiske endringer. Høyt redokspotensial i substratet og liten forskjell i redokspotensial mellom substratet og de frie vannmassene viser at det er andre faktorer enn oksygentilgang som hindrer rekruttering. I slike tilfeller bør andre faktorer, som kan forklare mangelen på rekruttering, studeres nærmere.

Gjennomføring av redoksmålingene kan også få direkte konsekvenser for hvordan tiltak, som er under planlegging eller delvis gjennomført, bør modifiseres. Flytting av elvemusling innad i vassdrag og gjenutsetting av juvenile muslinger fra kultiveringsprogrammet bør bare gjennomføres ved lokaliteter som har godt redokspotensial. Hvis ikke slike lokaliteter finnes, bør man vurdere om tiltakene skal gjennomføres. Når det gjelder muslinger fra kultiveringsprogrammet, bør det f.eks. vurderes om muslingene må tilbringe mer tid i anlegget før utsetting, for å øke muslingenes evne til å tåle redusert oksygennivå. Redoksmålinger kan også brukes til å evaluere om det er gjennomførbart å reintrodusere elvemuslingen til vassdrag eller deler av vassdrag der den er dødd ut. Hvis redokspotensialet er høyt i substratet, kan slike reintroduksjoner være vellykket. Hvis redokspotensialet er lavt i substratet eller forskjellene er store mellom substratet og de frie vannmassene, bør tiltak først gjennomføres for å øke oksygentilgangen i substratet og effekten av disse tiltakene evalueres før man reintroduserer elvemuslingen.

Basert på en vurdering av nytteverdien til redoksmålinger i elvemuslingvassdragene i Agder ble de aktuelle vassdragene gitt en prioriteringsrekkefølge. Basert på midlene som var tilgjengelige til gjennomføringen av prosjektet, ble fire vassdrag i Aust-Agder valgt ut: Hammerbekken (Risør), Lilleelv i Nidelva/Arendalsvassdraget (Arendal), Storelva i Vegårvassdraget (Tvedestrand) og Vassbotnbekken (Birkenes). Disse vassdragene ble prioritert fordi disse utgjør de opprinnelige elvemuslingbestandene i Agder som er potensielt levedyktige (Magerøy & Larsen under utarbeidelse, NINAs interne database, upubl. mat.) og muslinger fra disse bestandene, med unntak av Storelva, har blitt tatt inn til kultivering (Jakobsen mfl. 2017, Magerøy & Larsen under utarbeidelse). I tillegg ble Straibekken (Kristiansand, Vest-Agder) også inkludert i prosjektet, da undersøkelser i 2017 viste at denne bekken har den største opprinnelige bestanden av elvemusling i Vest-Agder (Magerøy 2017). Den reintroduserte elvemuslingbestanden i Audna (Audnedal, Vest-Agder, Dolmen & Kleiven 1993, Kleiven & Dolmen 2008b, 2009, Larsen & Magerøy 2016a) var også planlagt inkludert i prosjektet, men ble utelatt da redoksmålinger i Straibekken ble prioritert i stedet. Det er resultatet fra disse undersøkelsene som beskrives i denne rapporten.

## 2 Redoksmålinger: Generell metodebeskrivelse

Metodikken som er benyttet til redoksmålingene i Agder i 2017 er basert på den metodikken som er beskrevet av Larsen (2012) i forbindelse med utprøvingen av redoksmålinger i Norge. Bakgrunnen for metodikken som er benyttet, er erfaringer fra en workshop i Albacken i Sverige, 18.-20. mai 2011, med deltakere fra Länsstyrelsen i Jämtlands län, Länsstyrelsen i Norrbottens län, Länsstyrelsen i Västernorrlands län, NINA og Technische Universität München. I tillegg er erfaringer med redoksmålinger i andre land i Europa brukt til å videreutvikle metodikken (Killeen 2006, 2011, Geist 2007, Geist & Auerswald 2007).

Redoksmålinger ble gjennomført i Hammerbekken, Lilleelv, Storelva, Straibekken og Vassbotnbekken. Redoksmålingene var planlagt gjennomført i begynnelsen av august for å fange opp de periodene der oksygentilførselen ville være minst, og produksjonen og oksygenforbruket størst. Målet var å måle redokspotensialet i den perioden da forholdene for muslingene ville være dårligst. Dessverre kom det store nedbørsmengder i begynnelsen av august og målingene måtte utsettes til begynnelsen av september. Da ble det gjennomført målinger i Lilleelv og Storelva, men nye store nedbørsmengder gjorde at målingene i Hammerbekken, Straibekken og Vassbotnbekken måtte utsettes til slutten av september. På grunn av de store nedbørsmengdene i perioden før målingene ble gjennomført og lavere vanntemperatur enn det som man kan forvente på sitt varmeste om sommeren, representerer ikke redoksmålingene det 'verste scenariet' som man ønsket å beskrive. Målingene har allikevel stor verdi, da de fremdeles kan benyttes til å identifisere problemer med oksygentilgjengelighet i vassdragene generelt og identifisere forskjeller mellom de spesifikke lokalitetene innad i vassdragene.

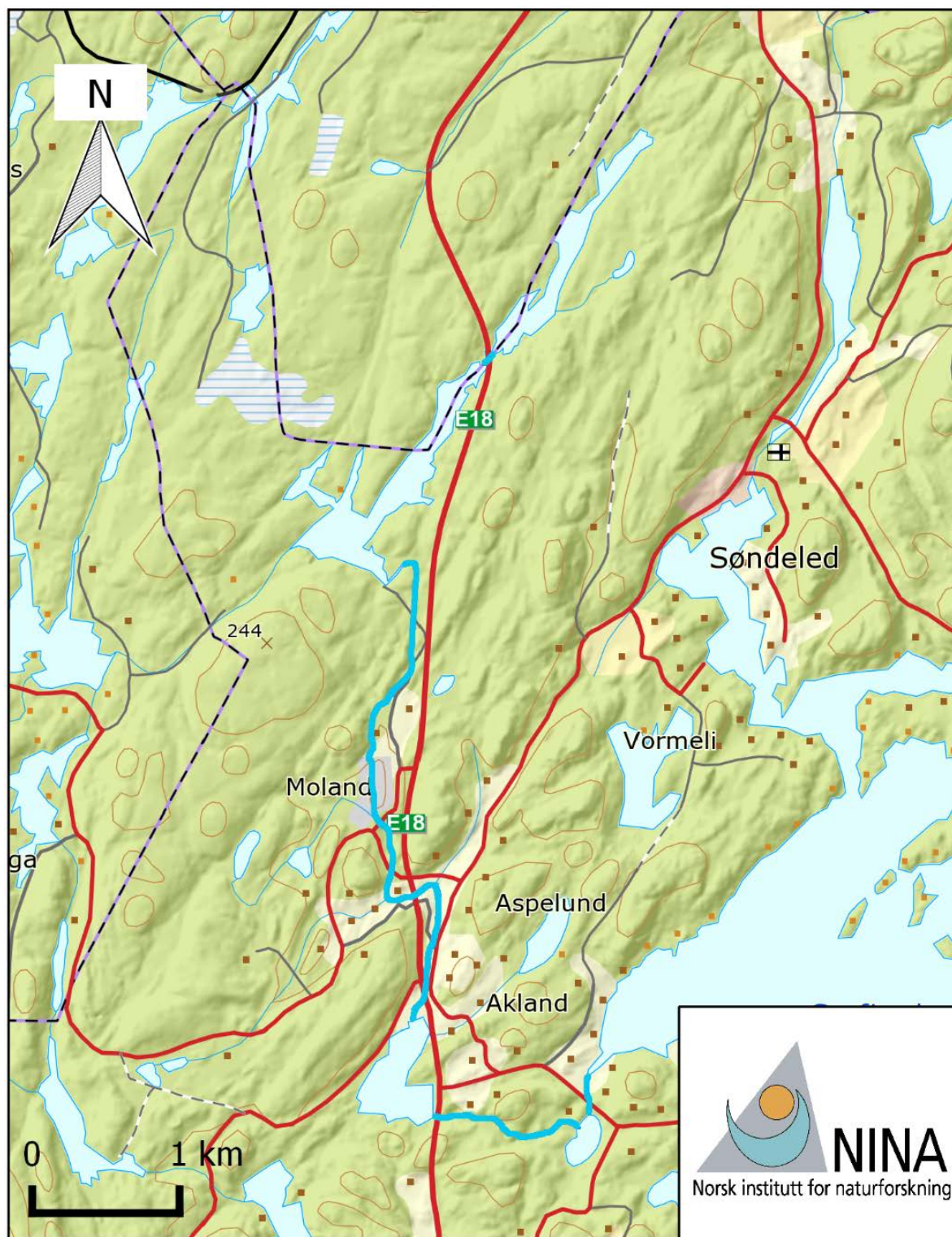
Redokspotensialet måles som regel ved flere stasjoner i et vassdrag. Hver stasjon består av flere transekter og det blir tatt flere målinger langs disse. Det blir tatt målinger både i de frie vannmassene og substratet. På grunn av størrelsen til de forskjellige vassdragene, som ble undersøkt, varierte måten redoksmålingene ble gjennomført på sterkt med henblikk på antall stasjoner, transekter og målinger. For flere detaljer om dette henvises det derfor til metodekapittelet for hvert av vassdragene.

Forskjellen i redokspotensial mellom substratet og de frie vannmassene ble registrert ved hjelp av et spesialbygget måleapparat, levert av Dr. Frank Krüger ved ELANA Boden Wasser Monitoring. Utstyret består av en ca. 1,5 m lang sonde med en platinaelektrode i den ene enden, en referanseelektrode og et voltmeter som registrerer målingene.

Ved måling av redokspotensialet i de frie vannmassene holdes begge elektrodene sammen i det øvre vannlaget. Ved måling av redokspotensialet i substratet, blir platinaelektroden ført ned i ønsket dybde i substratet mens referanseelektroden blir værende i de frie vannmassene. Under denne undersøkelsen ble platinaelektroden ført ca. 5-8 cm ned i substratet. Det er viktig at måleverdien stabiliserer seg før avlesning, og dette tar som regel en del tid. Ved tidligere undersøkelser har det blitt funnet at målingene i gjennomsnitt stabiliserer seg innen ca. tre minutter (Bjørn Mejdell Larsen, pers. medd.) og dette er benyttet som standard på alle stasjonene. På grunn av substratets bestanddeler (f.eks. stein eller leire) er det ofte umulig å føre platinaelektroden ned i substratet og dermed gjennomføre målingene nøyaktig på de utvalgte målepunktene i transektene. Hvis det er tilfellet, blir målingen gjennomført i umiddelbar nærhet til de utvalgte målepunktene.

For å evaluere resultatet av målingene er det benyttet to tilnærminger i rapporten: 1. Redokspotensialet i substratet. Verdier over 400, 400-300 og under 300 milliVolt (mV) tilsier henholdsvis god, moderat og dårlig habitatkvalitet for juvenile elvemuslinger. 2. Reduksjonen i redokspotensiale mellom de frie vannmassene og substratet. Reduksjon på mindre enn 20, mellom 20-30 og over 30 % tilsier henholdsvis god, moderat og dårlig habitatkvalitet for juvenile elvemuslinger (Killeen 2006, Geist & Auerswald 2007, Larsen 2012).

### 3 Hammerbekken



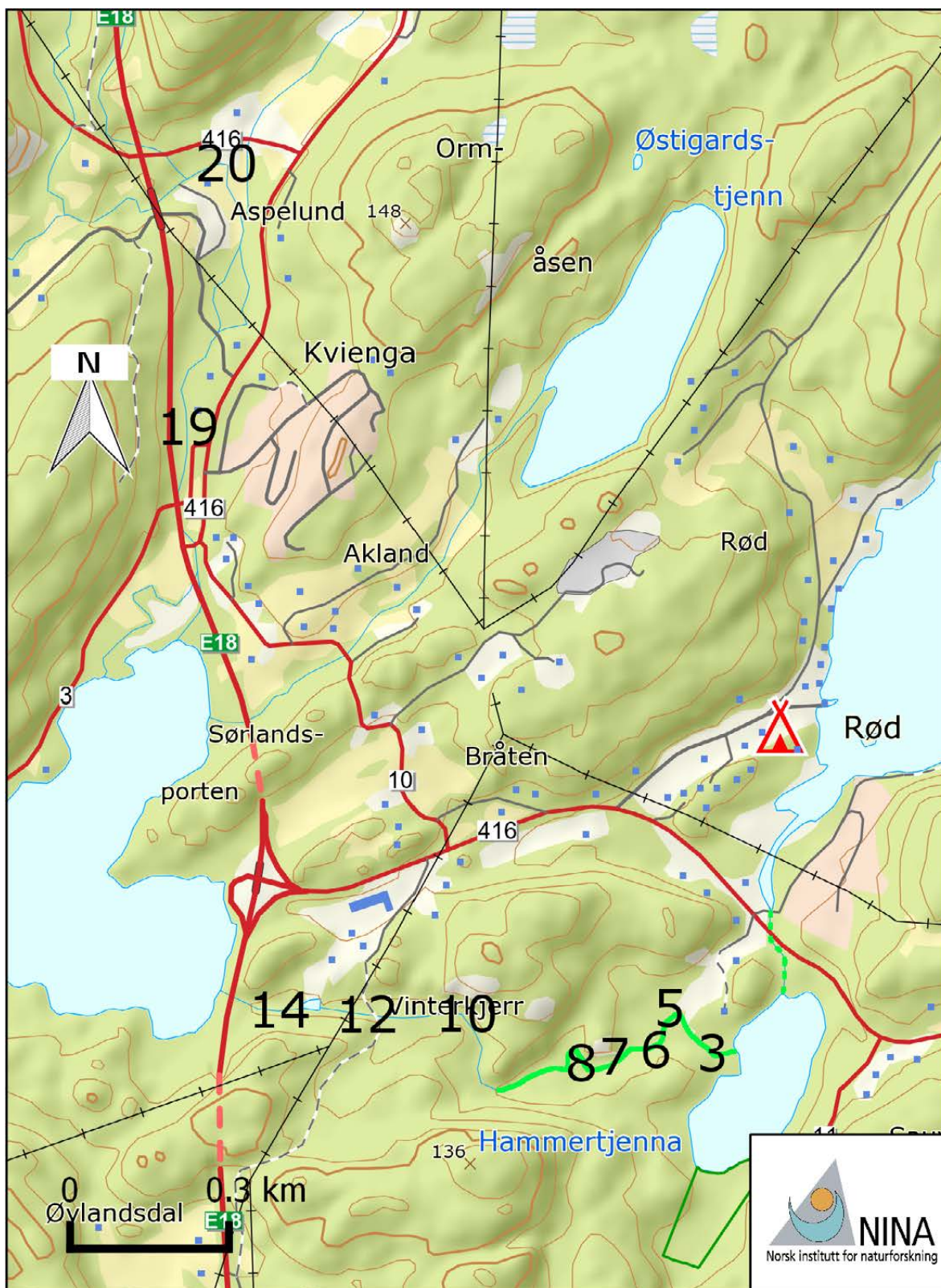
**Figur 1.** Hammerbekken. Hovedstrengen i vassdraget er markert med turkis. Kartet er generert i QGIS 2.16.1 (QGIS Developmental Team 2016). Kartgrunnlaget er fra GeoNorge (2017).

### 3.1 Områdebeskrivelse

Hammerbekken (Hammartjernbekken/Aklandsvassdraget) utgjør et eget vassdrag (vassdragsnr. 018.221Z) som i hovedsak renner gjennom Risør kommune i Aust-Agder (Figur 1). Bekken starter ovenfor Mjåvann (121 moh.). Gjennom dette vannet og Molandsvann (121 moh.) renner bekken sørvestover langs grensen mellom Gjerstad og Risør kommuner i Aust-Agder, og inn i sistnevnte kommune. Fra Molandsvann fortsetter bekken sørover, nå som Molandsbekken, til Aklandstjenna (40 moh.). Her starter selve Hammerbekken (også kjent som Dalandsbekken) og renner østover til Hammertjenna (4 moh.). Derfra renner bekken nordover og ut ved Hammerskjær i Rødsfjorden. Flere mindre bekker kommer inn i vassdraget langs dets lengde. Hovedstrengen i vassdraget er ca. 6,5 km lang mens selve Hammerbekken er ca. 1,4 km lang, i begge tilfeller ekskludert innsjøer. Vassdraget drenerer den sørlige spissen av Gjerstad kommune og vestlige deler av Risør kommune, nedbørsfeltet er på 17,1 km<sup>2</sup> og middelvannføringen er på 18,9 l/s/km<sup>2</sup> (liter pr. sekund pr. kvadratkilometer). Nedbørsfeltet består av 86,5 % skog, 6,8 % innsjøer, 1,9 % myr, 1,8 % dyrket mark og 0,7 % urban bebyggelse (NEVINA 2017). Berggrunnen i vassdraget består først og fremst av næringsfattige bergarter som migmatitt og forskjellige former for gneis, men det er også store områder med den mer næringsrike bergarten amfibolitt (BERGGRUNN 2017).

Det har blitt gjennomført flere vannkjemiske undersøkelser, i den delen av Hammerbekken som har elvemusling, mellom 2001 og 2007 (Larsen 2007). I henhold til vannforskriften (Direktoratsgruppen 2015) viser disse undersøkelsene at bekken er «kalkfattig» selv om noen av kalsiumverdiene var over grensen mellom «kalkfattig» og «moderat kalkrik» (4 mg/l) mens noen av alkalitetsverdiene var under grensen mellom «svært kalkfattig» og «kalkfattig» (0,05 mekv/l). Det er verdt å merke seg at verdiene for begge disse parameterne steg gjennom undersøkelsesperioden. I henhold til vannforskriften viser disse undersøkelsene også at bekken er «humøs», basert på fargetallet. Basert på en slik klassifisering, så fører pH-verdiene i bekken til en variasjon i tilstand mellom «god» og «svært god». Allikevel har mange av målingene ligget under eller rundt minimumsgrensen for rekrutterende bestander av elvemusling (6,1-6,3, Larsen 1997, Degerman mfl. 2009). Det var en økning i pH fra 2001 til 2007 og mot slutten av perioden lå pH godt over denne minimumsgrensen. Basert på totalt fosfor var tilstanden «svært god» under hele undersøkelsesperioden mens basert på nitrat har tilstanden variert mellom «svært god» og «god» (Legg merke til at vannforskriften baserer sin klassifisering på totalt nitrogen. Siden nitrat bare utgjør en del av det totale nitrogenet, kan klassifisering basert på nitratverdiene gi bedre tilstand enn den relle tilstanden i vassdraget). Det er allikevel noe usikkerhet om nitratverdiene i bekken er lave nok til å opprettholde rekruttering, da ett studie tyder på at det kreves noe lavere verdier (Moorkens mfl. 2007) mens andre studier fant juvenile muslinger ved høyere verdier (Lois Lugilde 2015, Larsen 2017). I henhold til Statens Forurensningstilsyns (SFT; nå Miljødirektoratet) klassifiseringssystem for miljøkvalitet (Andersen mfl. 1997) gav turbiditeten en klassifisering som varierte fra «god» til «svært dårlig» i løpet av undersøkelsesperioden. Perioder med høy turbiditet kan tilskrives anleggsarbeid på E18 (Larsen 2007), og etter at anleggsarbeidet var avsluttet nådde turbiditeten «god» tilstand. Ifølge SFTs klassifiseringssystem tilsier jernverdiene at tilstanden varierte fra «mindre god» til «dårlig» mens manganverdiene tilsier «meget god» tilstand. Kobberverdiene tilsier at bekken er «moderat» til «markert forurenset» og noen verdier gav en tilstand som «sterkt forurenset». Sink-, bly- og kadmiumverdiene tilsier at bekken er «ubetydelig» til «moderat forurenset». Nikkelverdiene tilsier at bekken er «moderat forurenset». De dårlige tilstandene kan igjen knyttes til anleggsarbeidet og etter arbeidets slutt var det en forbedring i tilstanden. For flere detaljer, se Tabell 1 i Larsen (2007).





**Figur 2.** Elvemuslingen og redoksmålingsstasjoner i Hammerbekken. Grønn heltrukket linje markerer funn av elvemusling mens stiplet linje indikerer at det bare ble funnet glochidier (Larsen 2001, 2006, 2007). Tallene 3-20 indikerer lokalisering av redoksmålingsstasjonene. Disse stasjonene, med unntak av 19 og 20, tilsvarer elvemuslingstasjonene i Larsen (2001, 2006, 2007). Kartet dekker strekningen fra Aspelund til Rødsfjorden. Kartet er generert i QGIS 2.16.1 (QGIS Developmental Team 2016). Kartgrunnlaget er fra GeoNorge (2017).

Ørret er vanlig i hele Hammerbekken og lakseyngel finnes nedenfor fossen ved Dalane (Larsen 2007). I tillegg er det påvist abbor, bekkerøye, nipigget stingsild, suter, trepigget stingsild og ål i vassdraget (Matzow mfl. 1990, Kiland mfl. 1999).

## 3.2 Elvemusling

Elvemuslingen er meddelt første gang fra Hammerbekken i 1976 (Jens Petter Nilssen, pers. medd., videreformidlet av Økland & Økland (1998)). Den er også med i Dolmen & Kleiven (1997) sin nasjonale oversikt over elvemuslingbestander. På grunn av utbyggingen av ny E18 på strekningen Brokelandsheia-Vinterkjær og et dieselutslipp i 2006, har bestanden blitt undersøkt flere ganger mellom 1998 og 2007 (Larsen 2001, 2002, 2006, 2007, Dolmen & Kleiven 2004). Undersøkelsene viser at muslingen finnes på en ca. 500 m lang strekning fra Hammertjenna og opp til fossen ved Dalane (Figur 2). I tillegg er det funnet glochidier (muslinglarver) på ørret nedenfor Hammertjenna, noe som kan tyde på at det også finnes enkelte muslinger på denne korte bekkestrengen (ca. 150 m lang, Larsen 2001). Dette er en reduksjon i det opprinnelige utbredelsesområdet, da det er kjent at muslingen tidligere fantes helt opp til Aklandstjenna (N. Eriksen, pers. medd., videreformidlet av Larsen (2001)). Tettheten av elvemusling gikk ned i perioden 2001-2007, fra 0,8 til 0,6 levende muslinger pr. kvadratmeter. Denne reduksjonen i tetthet skyldtes sannsynligvis akutt dødelighet i forbindelse med hogst i nedbørfeltet i 2004 (Larsen 2007). I tillegg tyder undersøkelsene fra 1998 og 2000 på at det har vært manglende rekruttering i bestanden i lengre tid, da den minste muslingen som ble funnet var 71 mm lang (Larsen 2001). Dette vil bidra til en nedgang i bestanden over tid, ettersom gamle individer dør av naturlige årsaker. Et positivt tegn var at det ble funnet en musling i 2007 som bare var 46 mm lang (8-10 år gammel, Larsen 2007). Dette kan tyde på at forholdene i bekken har bedret seg såpass at enkelte juvenile muslinger nå kan overleve og vokse opp i vassdraget igjen. Elvemuslingbestanden i Hammerbekken ble estimert til ca. 1600 individ i 2000 (Larsen 2001), men har gått ned med ca. 30 % mellom 2003 og 2005 (Larsen 2006). Dermed må man anta at bestanden i dag ligger på ca. 1100 individer, hvis ingen større endringer har skjedd siden 2007. Undersøkelser av gjellene på laks og ørret med hensyn til forekomst av muslinglarver har vist at bare ørret er vertsfisk for elvemuslingen i Hammerbekken (Bjørn Mejdell Larsen, upubl. mat.) Grunnet manglende rekruttering i Hammerbekken ble det i 2016 hentet inn 59 voksne muslinger fra bekken (pers. obs.) til det nasjonale kultiveringsprogrammet for elvemusling (Jakobsen mfl. 2017). Ungmuslinger er nå i produksjon og det er planlagt utsetting i 2019. Det kan også være aktuelt å sette ut musling ovenfor det nåværende utbredelsesområde, for å redusere bestandens sårbarhet (Jakobsen mfl. 2017, Per Jakobsen, pers. medd.).

## 3.3 Metodikk

Redoksmålinger ble gjennomført i Hammerbekken den 25.-26.09.2017. Det ble gjennomført målinger ved 10 stasjoner mellom Styggedal, ovenfor Aklandstjenna, og sjøen (se Figur 2 og Foto 1a-j). De fleste av stasjonene ble lagt til et utvalg av de stasjonene som ble undersøkt for elvemusling i 1998-2007 (Larsen 2001, 2006, 2007). Dette gjelder stasjon 3, 5-8, 10, 12 og 14, som er gitt samme nummeret som i de nevnte rapportene. I tillegg ble to stasjoner (stasjon 19 og 20) lagt til andre egnede lokaliteter ovenfor Aklandstjenna. Stasjonene er representative for de delene av bekken som fremdeles har elvemusling (stasjon 3 og 5-8, Foto 1a-e) og de delene som ansees som mest egnede for utsetting av juvenile muslinger (stasjon 10, 12, 14, 19 og 20,





**Foto 1a-e.** Redoksmålingsstasjoner i Hammerbekken. Stasjon 3, 5, 6, 7 og 8. Foto: Jon H. Magerøy.

Foto 1f-j). Det ble tatt 15-16 målinger i substratet og 5 målinger i de frie vannmassene per stasjon. Disse målingene fordelte seg på fem transektene per stasjon. Både transektene og målepunktene innen transektene ble lagt ca. 2 m fra hverandre. For transektene der bekken var mindre enn 6 m bred, ble avstanden mellom målepunktene redusert noe, hvis nødvendig ned til 1 m. Dette gjaldt de fleste av transektene som ble undersøkt. Målinger ble bare gjennomført i de delene av stasjonene som hadde vanddekke. I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur ved enkelte stasjoner, og vannføringen ble evaluert i forhold til nivåforskjellen mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon.

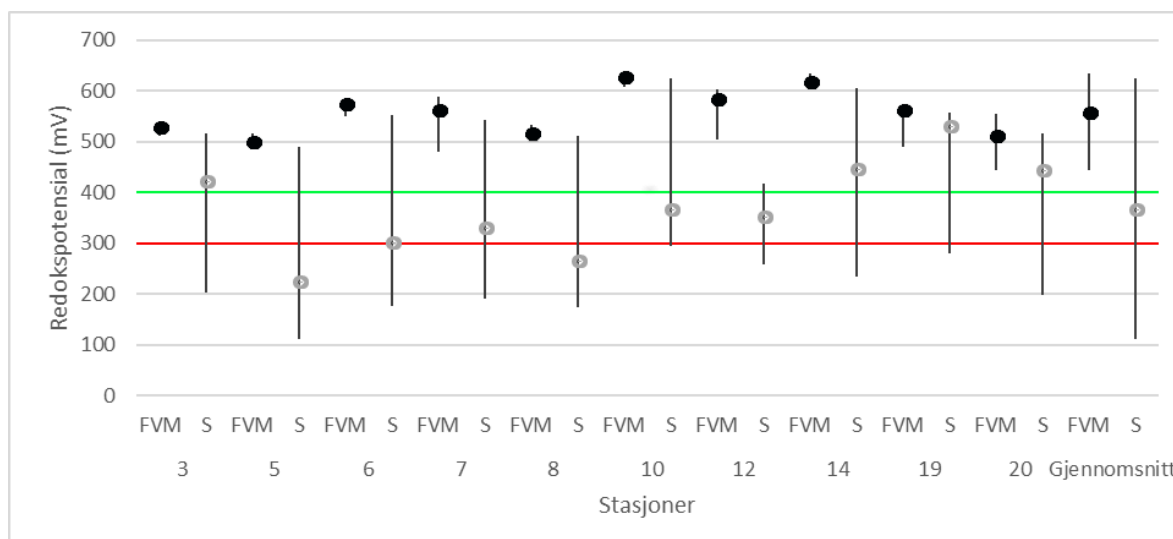




**Foto 1f-j.** Redoksmålingsstasjoner i Hammerbekken. Stasjon 10, 12, 14, 19 og 20. Foto: Jon H. Magerøy.

### 3.4 Resultater

Temperaturen i Hammerbekken varierte mellom 11,6 og 12,5 °C. Vannføringen var middels-lav. Resultatene av redoksmålingene fra bekken er beskrevet i detalj i Figur 3 og Tabell 1.



**Figur 3.** Resultater av redoksmålinger i Hammerbekken. Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver av stasjonene og gjennomsnittsverdiene for bekken. Minimumsgrensene for god (400 milliVolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Figuren er generert i Microsoft Excel 2016.

**Tabell 1.** Resultater av redoksmålinger i Hammerbekken. Tabellen viser resultater for hver av stasjonene og gjennomsnittet for bekken. De øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redoksverdier over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV.

Parameter	Medium	Stasjon 3	Stasjon 5	Stasjon 6	Stasjon 7	Stasjon 8	Stasjon 10	Stasjon 12	Stasjon 14	Stasjon 19	Stasjon 20	Gjennom-snitt
Median redokspotensial (mV)	FVM	525	497	571	560	511	625	580	616	559	509	556
	Substrat	421	223	299	329	262	364	349	444	528	441	364
Maksimum redokspotensial (mV)	FVM	533	515	575	589	533	632	602	634	567	554	634
	Substrat	516	490	553	542	510	624	417	605	557	516	624
Minimum redokspotensial (mV)	FVM	510	490	549	481	506	607	504	602	489	443	443
	Substrat	203	110	177	191	173	294	258	233	280	199	110
% reduksjon	NA	19,9	55,1	47,6	41,3	48,7	41,8	39,9	27,9	5,5	13,4	34,5
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Substrat	57,1	6,7	40,0	33,3	46,7	40,0	12,5	60,0	73,3	73,3	44,0
% 400-300 mV	FVM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Substrat	14,3	6,7	6,7	26,7	0	53,3	81,3	20,0	13,3	0	22,7
% ≤ 300 mV	FVM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Substrat	28,6	86,7	53,3	40,0	53,3	6,7	6,3	20,0	13,3	26,7	33,3

### 3.5 Diskusjon

I Hammerbekken var temperaturen en god del lavere enn den antatte maksimumstemperaturen i bekken (sannsynligvis over 20 °C) og vannføringen noe høyere enn den antatte minimumsvannføringen i bekken. Dermed må man anta at det målte redokspotensialet ligger over det man vil finne under de verste sommerforholdene i bekken.

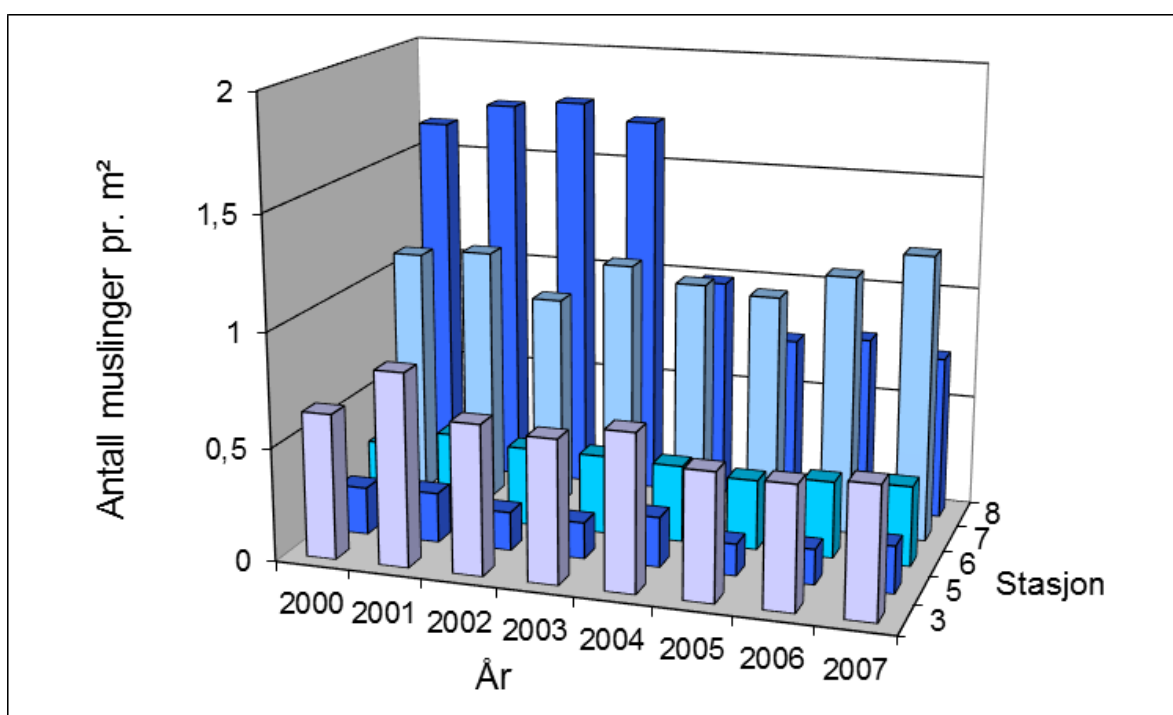
Medianverdien for redoksspotensialet i substratet i Hammerbekken var 364 mV. Dette ligger i grenseland for de minimumsnivåene som er nødvendige for å opprettholde rekrutterende bestander av elvemusling (Geist & Auerswald 2007) og verdien tilsier moderat habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var på 34,5 %. En slik stor reduksjon i redokspotensialet ansees som svært problematisk for juvenile muslinger (Killeen 2006). Det var likevel en del av substratet som var av god habitatkvalitet (44,0 % av substratet hadde redokspotensial over 400 mV). Selv om redokspotensialet i substratet tilsier moderat habitatkvalitet og det var en del egnet substrat, tilsier reduksjonen i redokspotensial at habitatkvaliteten generelt sett er dårlig. Dette er kanskje ikke så overraskende, gitt at det har vært minimalt med rekruttering i bestanden i de siste tiårene (Larsen 2001, 2006, 2007).

Hvis man sammenligner de enkelte stasjonene i Hammerbekken, så er bildet noe mer nyansert. Stasjon 5-8, 10 og 12 hadde svært lavt eller lavt mediant redokspotensial (223-364 mV), og en svært stor reduksjon i redokspotensial mellom vannmassene og substratet (39,9-51,1 %). Stasjon 5 og 12 hadde også svært lite substrat som var av god habitatkvalitet for juvenil elvemusling (henholdsvis 6,7 og 12,5 %), men stasjon 6-8 og 10 hadde noe substrat som var av god habitatkvalitet (33,3-46,7 %). Den dårlige tilstanden ved disse stasjonene er svært bekymringsverdig, da stasjon 3 og 5-8 ligger i den delen av bekken som fremdeles har musling (Larsen 2007). Situasjonen var en del bedre ved stasjon 3 og 14. Disse to stasjonene hadde høyt redokspotensial i substratet (henholdsvis 421 og 444 mV) og en relativt stor andel substrat med god habitatkvalitet (henholdsvis 57,1 og 60,0 %), men reduksjonen i redokspotensial var litt høy (henholdsvis 19,9 og 27,9 %), spesielt ved stasjon 14. Stasjon 19 og 20 hadde de beste forholdene i bekken. De hadde høyt redokspotensial i substratet (henholdsvis 528 og 441 mV), lav reduksjon i redokspotensial (henholdsvis 5,5 og 13,4 %) og en høy andel substrat med god habitatkvalitet (begge 73,3 %). De tre øverste stasjonene og den nederste stasjonen i bekken hadde de beste forholdene i bekken. At de to øverste stasjonene hadde bedre forhold kan muligens forklares med at denne delen av bekken er mindre påvirket av menneskelige aktiviteter i nedbørsfeltet. Det var ingen åpenbare årsaker til at stasjon 5-8, 10 og 12 skulle ha dårlige forhold, men stasjon 3, 5-8, 10, 12 og 14 har alle blitt utsatt for økt sedimenttransport som følge av veiutbygging i nedbørsfeltet (Larsen 2001, 2007), og stasjon 3 og 5-8 har også blitt utsatt for siltering som følge av hogst (Larsen 2006). Allikevel hadde stasjon 3 og 14 bedre forhold enn de andre stasjonene i denne delen av bekken. Dette kan kanskje forklares med at stasjon 3 hadde striere strøm enn noen av de andre stasjonene (Foto 1a) og stasjon 14 bestod av mye løs grus (pers. obs.). For å få en bedre forståelse av forskjellene mellom stasjonene vil det være nødvendig å få en oversikt over hvor og hvordan næringsstoffer og partikler tilføres bekken. I tillegg vil det være nødvendig å få en bedre forståelse av vannførings- og silteringsdynamikken i systemet.

Basert på disse funnene kunne man anta at stasjon 3, 14, 19 og 20 er de best egnede lokalitetene for elvemusling i Hammerbekken, men på stasjon 14 bestod bunnen av en blanding av leire og ustabil substrat (pers. obs.). Dermed er denne stasjonen uegnet for musling. Stasjon 19 og 20



Foto 2a & b. Ensartet substrat i deler av Hammerbekken.



**Figur 4.** Elvemuslingtetthet i Hammerbekken. Figuren viser tetthet av elvemusling i bekken fra 2000-2007 ved stasjon 3-8. Figuren er opprinnelig hentet fra Larsen (2007) og den grafiske framstillingen er modifisert noe. I den opprinnelige rapporten er den Figur 5.

ligger i den delen av bekken som ikke har musling og det er usikkert om det noengang har vært musling der (Larsen 2001, 2006, 2007). Allikevel kunne det være aktuelt å reintrodusere/introdusere juvenile muslinger, fra kultiveringsprogrammet, til denne delen av bekken. Blant stasjonene i den delen av bekken som fremdeles har eller har hatt elvemusling, så er det stasjon 3 som hadde best forhold. Dette er allikevel ikke nødvendigvis den beste utsettingslokaliteten, da det er relativt stri strøm der og den er den nederste stasjonen med lite spredningspotensiale for de juvenile muslingene. Dermed må man vurdere utsetting av musling på noen av de andre mindre egnede lokalitetene. I den delen av bekken som har musling var forholdene noe bedre ved stasjon 7 og i den delen av bekken som har hatt musling før var forholdene noe bedre ved stasjon 10, enn ved de andre stasjonene. Det kan godt hende at muslingene fra kultiverings-

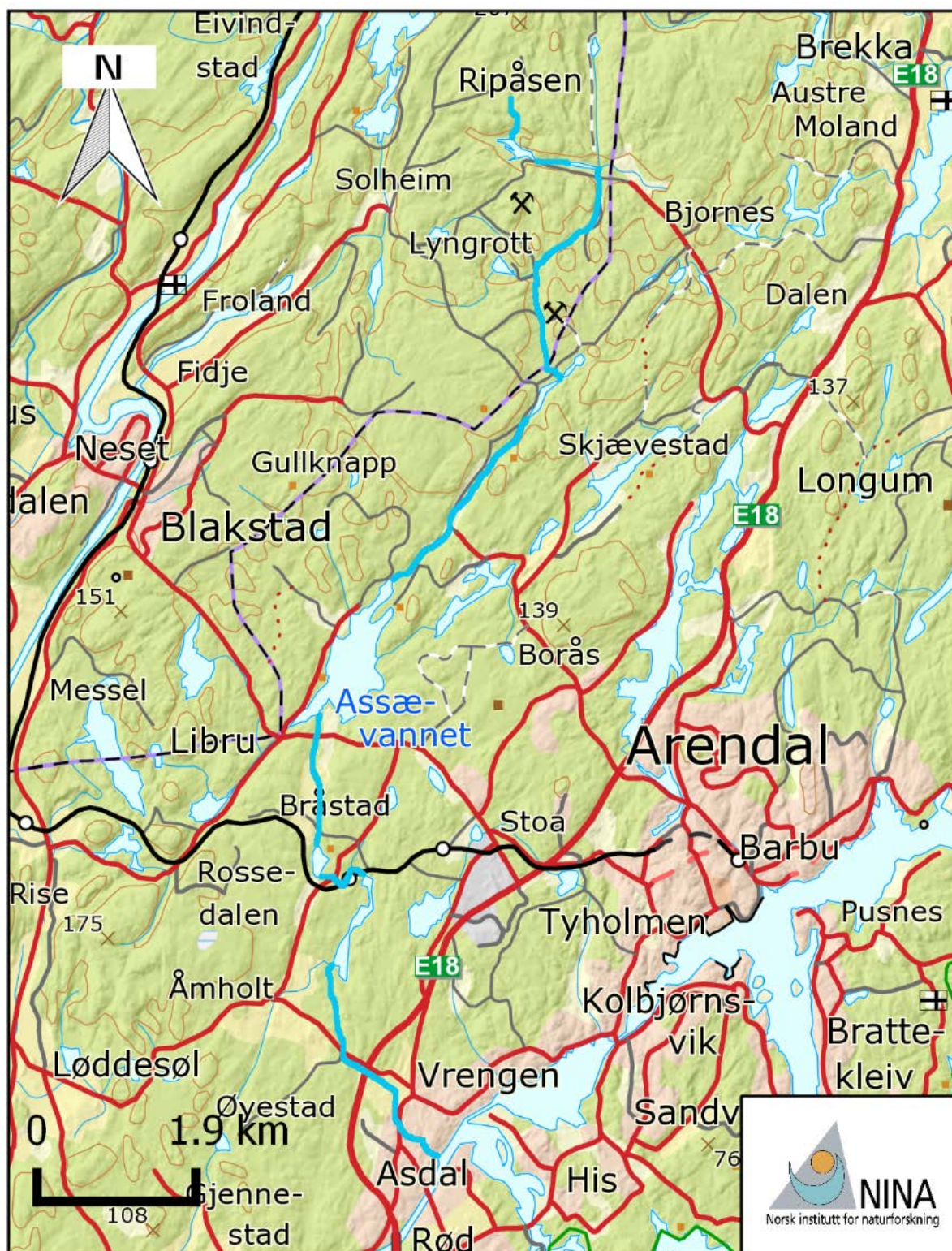
programmet vil klare seg ved disse lokalitetene, da de er større og mindre sårbare for lavt oksygennivå enn naturlig produserte juvenile muslinger (Per Jakobsen, pers. medd.).

Det er normalt en god sammenheng mellom redokspotensial og rekruttering av elvemusling (Killeen 2006, Geist & Auerswald 2007, Larsen 2012), men på grunn av manglende rekruttering er ikke Hammerbekken egnet for en slik sammenligning. Allikevel er det en viss sammenheng mellom redokspotensialet i bekken i 2017 (Figur 3 og Tabell 1) og funn av elvemusling fra 1998-2007 (Figur 4, Larsen 2001, 2006, 2007). På den strekningen av bekken som fremdeles har musling, hadde stasjon 3 og, deretter, stasjon 7 det høyeste redokspotensialet mens de hadde henholdsvis middels og høy muslingtetthet. Stasjon 5, 6 og 8 hadde svært lavt redokspotensiale mens de hadde henholdsvis lav, lav og middels muslingtetthet. Uansett reflekterer muslingtettheten historiske forhold i et vassdrag, inkludert andre faktorer enn oksygentilgjengelighet i substratet. Forsuring kan f.eks. forklare at musling har forsvunnet fra områdene fra stasjon 10 og oppover. Muslingdataene er dessuten 10-19 år eldre enn redoksdataene, og det hadde vært ønskelig med en oppdatert statusbeskrivelse av bestanden i Hammerbekken. Dermed er det ikke overraskende at sammenhengen mellom redokspotensial og muslingtetthet er svak i bekken.

De vannkjemiske undersøkelsene i Hammerbekken (Larsen 2007) gir ikke tydlige svar på hva som kan forklare den generelt dårlige tilstanden i bekken. Det er noe usikkerhet om nitrattilførselen i bekken er såpass høy at den bidrar til dette, da ett studie (Moorkens mfl. 2007) tyder på at det kreves noe lavere verdier enn det man fant i bekken for å opprettholde rekruttering mens andre studier finner rekruttering ved høyere verdier (Lois Lugilde 2015, Larsen 2017). Mulige kilder til nitrattforurensning er først og fremst bebyggelsen i nedbørsfeltet, inkludert boliger og næringsområder. I tillegg er det noe landbruksaktivitet i området (NEVINA 2017). Det kan være ønskelig å identifisere og utbedre punktutslipp i nedbørsfeltet, for å redusere nitrattilførselen. Dessuten bør kantvegetasjon opprettholdes og den kan være ønskelig å reetablere den langs deler av bekken. En annen potensiell forklaring er at de delene av bekken som har dårligst tilstand tidligere har blitt utsatt for siltering som følge av veiutbygging og/eller hogst (Larsen 2001, 2006, 2007). Det er mulig at dette fremdeles påvirker bekken og er årsaken til den dårlige tilstanden i nedre deler av bekken. Hvis dette er årsaken, så må man sannsynligvis bare vente på at finsedimentene etter hvert vaskes ut av bekken. Det er ønskelig med en ny vannkjemisk kartlegging i bekken for å fange opp eventuelle endringer i nærings- og partikkeltilførselen, siden det ikke er gjennomført slike undersøkelser siden 2007 (Larsen 2007). I enkelte deler av bekken (områdene rundt stasjon 5-6, 10-12 og 20) bør man vurdere å tilføre større steiner og noe grovere substrat til bekkebunnen, da denne for det meste er svært ensartet (Foto 2a & b, pers. obs.). Større heterogenitet i substratet vil kunne endre sedimenteringsdynamikken og føre til økt variasjon i bekken. Dermed kan enkelte områder bli mer egnet som habitat både for juvenil musling og vertsfisk (Vannote & Minshall 1982, Roni mfl. 2002, Smokorowski & Pratt 2007, Larsen 2015, Quinlan mfl. 2015).



## 4 Lilleelv



**Figur 5.** Lilleelv. Hovedstrengen i vassdraget er markert med turkis. Kartet er generert i QGIS 2.16.1 (QGIS Developmental Team 2016). Kartgrunnlaget er fra GeoNorge (2017).

## 4.1 Områdebeskrivelse

Lilleelv (vassdragsnr. 019.A1Z) utgjør et sidevassdrag til Arendalsvassdraget/Nidelva (vassdragsnr. 019.Z) i Aust-Agder (Figur 5). Det renner sørover i grensetraktene mellom Froland og Arendal kommuner, og så inn i sistnevnte. Elven starter ved Ripåsen i Froland kommune. Derfra renner den ned gjennom Seljestølvatnet (88 moh.), Jovatnet (88 moh.) og inn i Arendal kommune ovenfor Lonene. Derfra fortsetter den sørvestover, gjennom Lindåstjern (66 moh.) og ned til Assævannet (38 moh.). Denne delen av vassdraget heter Tveitelva. I Assævannet kommer tre av de større sidebekkene inn. Fra dette vannet fortsetter selve Lilleelv sørover gjennom Bråstad tjenn (36 moh.), og Øvre, Midtre og Nedre Sagvann (34 moh.). Derfra fortsetter elven ned til utløpet i Nidelva ved Asdal. Hovedstrengen i vassdraget er ca. 12 km lang og selve Lilleelv er ca. 5,5 km lang, i begge tilfeller ekskludert innsjøer. Vassdraget drenerer mindre deler av sørøstlige Froland kommune og vestlige Arendal kommune, nedbørsfeltet er på 41,6 km<sup>2</sup> og middelvannføringen er på 24,7 l/s/km<sup>2</sup> (liter pr. sekund pr. kvadratkilometer). Nedbørsfeltet består av 86,3 % skog, 6,6 % innsjøer, 4,2 % dyrket mark, 1,4 % myr og 0,9 % urbane områder (NEVINA 2017). Berggrunnen i vassdraget består først og fremst av næringsfattige bergarter som forskjellige varianter av migmatitt og gneis, men det er også noe innslag av mer næringsrike bergarter som amfibolitt og metagabbro (BERGGRUNN 2017).

Det ble gjennomført flere vannkjemiske undersøkelser i selve Lilleelv mellom 2000 og 2007, i forbindelse med overvåking av elvemuslingen i elven (Larsen & Simonsen 2008). I henhold til vannforskriften (Direktoratsgruppen 2015) viser disse undersøkelsene at elven er «kalkfattig» basert på kalsiumkonsentrasjon og alkalitet, selv om et fåtall av alkalitetesverdiene lå under grensen mellom «kalkfattig» og «svært kalkfattig» (0,05 mekv/l). I henhold til vannforskriften viser disse undersøkelsene også at elven er «humøs», basert på fargetallet. pH-verdiene klassifiserer elven som «svært god» med unntak av en pH-verdi fra 2007 som fører til «god» tilstand. Allikevel har mange av målingene ligget under eller rundt minimumsgrensen for rekrutterende bestander av elvemusling (6,1-6,3, Larsen 1997, Degerman mfl. 2009). Mengden labilt aluminium er lav og tilstanden har variert mellom «svært god» og «god». Basert på totalt fosfor og nitrat var tilstanden «svært god» under hele undersøkelsesperioden (Legg merke til at vannforskriften baserer sin klassifisering på totalt nitrogen. Siden nitrat bare utgjør en del av det totale nitrogenet, kan klassifisering basert på nitratverdiene gi bedre tilstand enn den reelle tilstanden i vassdraget.). Det er allikevel noe usikkerhet om nitratverdiene i elven er lave nok til å opprettholde rekruttering av elvemusling, da ett studie tyder på at det kreves noe lavere verdier (Moorkens mfl. 2007) mens andre studier finner rekruttering ved høyere verdier (Lois Lugilde 2015, Larsen 2017). I henhold til Statens Forurensningstilsyns (nå Miljødirektoratet) klassifiseringssystem for miljøkvalitet (Andersen mfl. 1997) gav turbiditeten en tilstand som varierte mellom «god» og «mindre god». Det var ingen spesielle trender i vannkvaliteten gjennom undersøkelsesperioden. For flere detaljer, se Tabell 1 i Larsen & Simonsen (2008).

I Lilleelv er det blitt påvist abbor, røye, sik, suter, trepigget stingsild, ørret og ål (Simonsen 1995, Larsen & Simonsen 2001, 2008).

## 4.2 Elvemusling

Perlefiske er nevnt i Lilleelv så langt tilbake som i 1792 (Eckström 1792). Elvemuslingen fantes så høyt oppe som i Tveitelva ved Tveiten gård, ovenfor Assævannet (N. Tveiten, pers. medd.),





**Figur 6.** Elvemusling og redoksmålingsstasjoner i Lilleelv. Grønn linje markerer funn av elvemusling (Larsen & Simonsen 2008). Tallene 1-28 indikerer lokalisering av redoksmålingsstasjonene. Disse stasjonene, med unntak av 26-28, tilsvarer elvemuslingstasjonene i Larsen & Simonsen (2001, 2008). Kartet dekker strekningen fra Nedre Sagvann til utløpet i Nidelva. Kartet er generert i QGIS 2.16.1 (QGIS Developmental Team 2016). Kartgrunnlaget er fra GeoNorge (2017).





**Foto 3a-e.** Redoksmålingsstasjoner i Lilleelv. Stasjon 1, 4, 5, 6 og 26. Foto: Jon H. Magerøy.

i flere av tilløpsbekkene til vannet (P. Bjørnmyr, pers. medd.) og i selve hovedelven (A. Tveite, pers. medd., alle videreformidlet av Larsen & Simonsen (2008)). Dolmen & Kleiven (1997) har bestanden med i sin nasjonale oversikt, men antok at den hadde dødd ut i løpet av 1990-tallet. At det fremdeles fantes levende musling i elven ble oppdaget i 1998 (Simonsen 1999, Bjørn Mejdell Larsen, upubl. mat.). I 2000 ble bestanden tatt inn i det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling (Larsen & Simonsen 2001) og bestanden ble undersøkt på nytt i 2006 (Larsen & Simonsen 2008). Undersøkelsene viste at bestanden nå er begrenset til en strekning på ca. 2,7 km mellom Nedre Sagvann og Asdal, ovenfor utløpet i Nidelva (Figur 6). I 2006 lå tettheten på 0,01 muslinger pr. m<sup>2</sup> og det ble estimert at det fantes i overkant av 100 individer i elven, noe som ikke var en merkbar endring fra 2000. I 2006 fant man et individ på





**Foto 3f-j.** Redoksmålingsstasjoner i Lilleelv. Stasjon 9, 27, 28, 10 og 11. Foto: Jon H. Magerøy.

57 mm, noe som indikerte at det hadde vært nyrekruttering i vassdraget for ikke så alt for mange år siden. Nye undersøkelser i nedre del av utbredelsesområdet i 2009 fant ingen flere små individer (Kleiven mfl. 2013). I Lilleelv er ørret eneste potensielle vertsfisk, og det ble funnet glochidier på ørreten i både 2000 og 2006 (Larsen & Simonsen 2001, 2008). Grunnet manglende rekruttering i Lilleelv ble det i 2017 hentet inn 24 voksne muslinger fra elven (pers. obs.) til det nasjonale kultiveringsprogrammet for elvemusling. Ungmuslinger er nå i produksjon og det er planlagt utsetting i årene som kommer. I tillegg er det planlagt en andre runde med innhenting av voksne muslinger fra elven, for å øke det genetiske mangfoldet blant de kultiverte muslingene (Per Jakobsen, pers. medd.).

## 4.3 Metodikk

Redoksmålinger ble gjennomført i Lilleelv den 03.-04.09.2017. Det ble gjennomført målinger ved 10 stasjoner mellom Nedre Sagvannet og fylkesvei 407 ved Asdal (se Figur 6 og Foto 3a-j). Sju av stasjonene ble lagt til stasjoner som ble undersøkt for elvemusling i 2006 (Larsen & Simonsen 2008). Dette gjelder stasjon 1, 4-6 og 9-11, som er gitt samme nummeret som i den nevnte rapporten. I tillegg ble tre stasjoner (stasjon 26-28) lagt til andre egnede lokaliteter. Stasjonene er representative for de delene av elven som fremdeles har elvemusling. Det ble tatt 12 målinger i substratet og 4 målinger i de frie vannmassene per stasjon. Disse målingene fordelte seg på 4 transekter per stasjon. Både transektene og målepunktene innen transektene ble lagt ca. 2 m fra hverandre. For transekter der elven var mindre enn 6 m bred ble avstanden mellom målepunktene redusert noe, hvis nødvendig ned til 1 m. Dette gjaldt de fleste av transektene som ble undersøkt. Målinger ble bare gjennomført i de delene av stasjonene som hadde vanddekke. I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur ved enkelte stasjoner, og vannføringen ble evaluert basert på NVEs måledata fra elven og i forhold til nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon.

## 4.4 Resultater

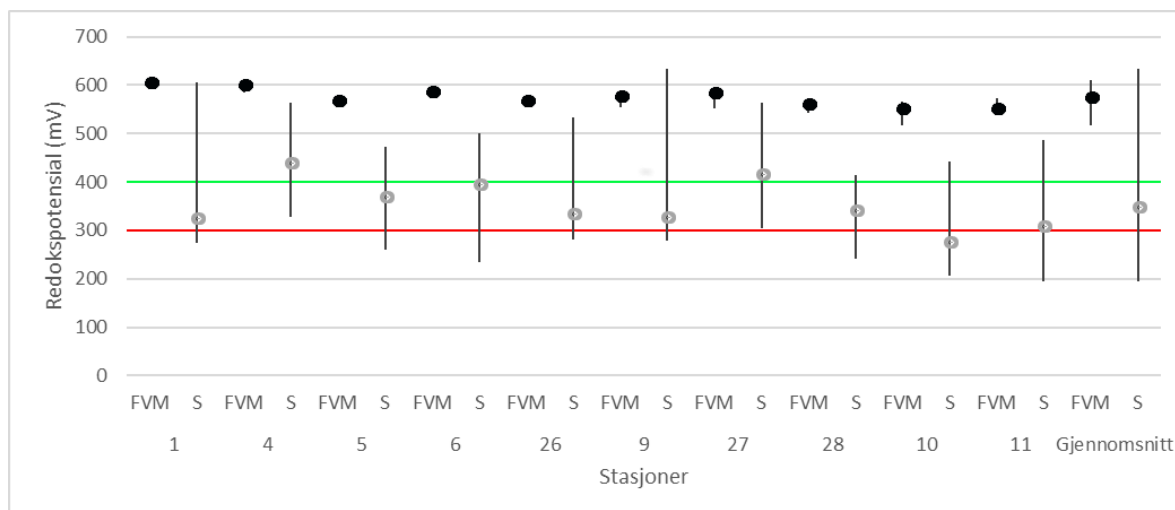
Temperaturen i Lilleelv varierte mellom 14,9 og 15,6 °C. Vannføringen var 1,4 m<sup>3</sup>/s (NVE 2017a) og evaluert til å være middels-lav. Resultatene av redoksmålingene fra elven er beskrevet i detalj i Figur 7 og Tabell 2.

## 4.5 Diskusjon

I Lilleelv var temperaturen en god del lavere enn den antatte maksimumstemperaturen i elven (sannsynligvis over 20 °C) og vannføringen noe høyere enn den antatte minimumsvannføringen i elven. Dermed må man anta at det målte redokspotensialet ligger over det man vil finne under de verste sommerforholdene i elven.

Medianverdien for reduksjonspotensialet i substratet i Lilleelv var 347 mV. Dette ligger noe under grensen for de minimumsnivåene som er nødvendige for å opprettholde rekrutterende bestander av elvemusling (Geist & Auerswald 2007) og verdien tilsier moderat habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var på 39,4 %. En slik stor reduksjon i redokspotensialet ansees som svært problematisk for juvenile muslinger (Killeen 2006). I tillegg var det bare en relativt liten andel av substratet som var av god habitatkvalitet for juvenil elvemusling (32,5 % av substratet hadde redokspotensial over 400 mV). Selv om redokspotensialet i substratet tilsier moderat habitatkvalitet, tilsier reduksjonen i redokspotensial og den relativt lille andelen egnet substrat at habitatkvaliteten for juvenile muslinger generelt sett er dårlig. Dette er kanskje ikke så overraskende, gitt at det har vært minimalt med rekruttering i bestanden i den nærmeste fortid (Larsen & Simonsen 2001, 2008, Kleiven mfl. 2013).

Hvis man sammenligner de enkelte stasjonene i Lilleelv, så er bildet noe mer nyansert. Stasjon 1, 26, 9, 28 og 10-11 hadde svært lavt eller lavt median redokspotensial (274-339 mV), en svært stor reduksjon i redokspotensial mellom vannmassene og substratet (39,2-50,2 %), og det var en svært liten eller liten del substrat som var av god habitatkvalitet for juvenil elvemusling (16,7-



**Figur 7.** Resultater av redoksmålinger i Lilleelv. Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver av stasjonene og gjennomsnittsverdiene for elven. Minimumsgrensene for god (400 millivolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Figuren er generert i Microsoft Excel 2016.

**Tabell 2.** Resultater av redoksmålinger i Lilleelv. Tabellen viser resultater for hver av stasjonene og gjennomsnittet for elven. De øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redoksverdier over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV.

Parameter	Medium	Stasjon 1	Stasjon 4	Stasjon 5	Stasjon 6	Stasjon 26	Stasjon 9	Stasjon 27	Stasjon 28	Stasjon 10	Stasjon 11	Gjennomsnitt
Median redokspotensial (mV)	FVM	603	599	567	585	566	576	583	558	550	550	572
	Substrat	323	438	367	393	332	325	414	339	274	306	347
Maksimum redokspotensial (mV)	FVM	610	610	577	591	571	582	595	566	566	574	610
	Substrat	605	563	473	500	533	634	564	415	442	487	634
Minimum redokspotensial (mV)	FVM	595	585	559	580	556	555	551	542	517	539	517
	Substrat	275	327	261	234	280	278	304	241	206	194	194
% reduksjon	NA	46,4	27,0	35,3	32,8	41,4	43,7	29,1	39,2	50,2	44,3	39,4
% $\geq$ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Substrat	16,7	58,3	41,7	50,0	25,0	16,7	58,3	16,7	16,7	25,0	32,5
% 400-300 mV	FVM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Substrat	58,3	41,7	50,0	33,3	66,7	50,0	41,7	58,3	16,7	25,0	44,2
% $\leq$ 300 mV	FVM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Substrat	25,0	0	8,3	16,7	8,3	33,3	0	25,0	66,7	50,0	23,3



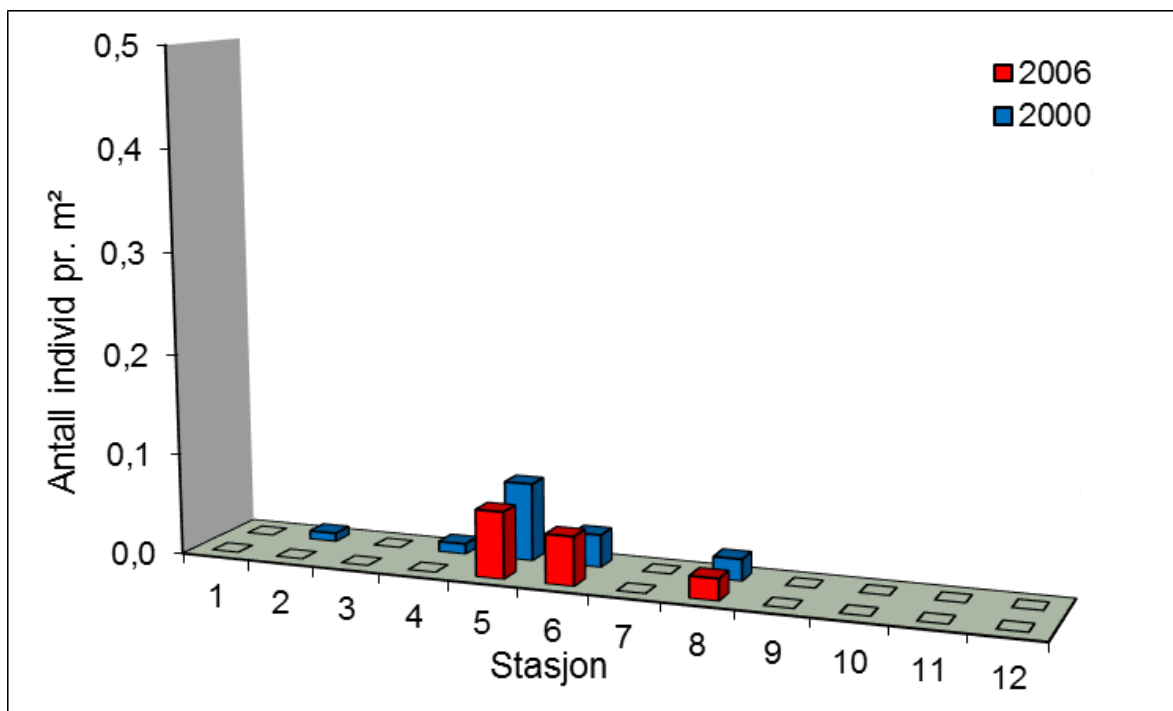


**Foto 4.** Ensartet substrat i deler av Lilleelv.

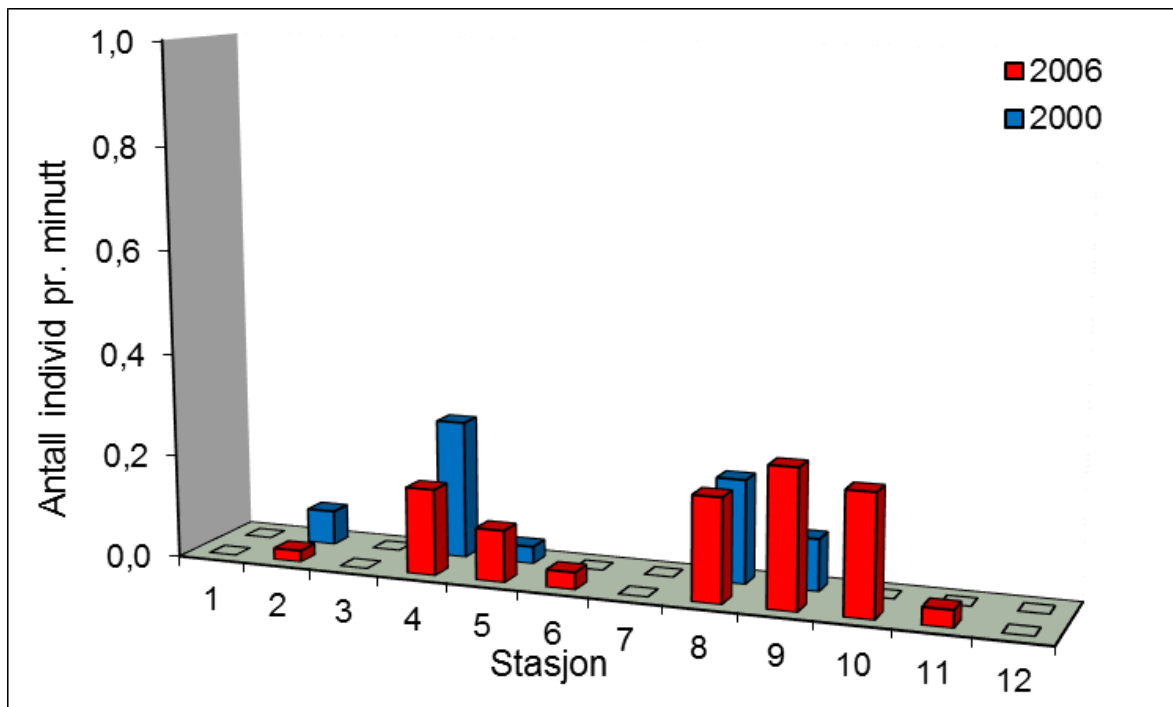
25,0 %). Situasjonen var noe bedre ved stasjon 5 og 6. Disse to stasjonene hadde noe høyere redokspotensial i substratet (henholdsvis 367 og 393 mV), noe lavere reduksjon i redokspotensial (henholdsvis 35,3 og 32,8 %) og en del substrat med god habitatkvalitet (henholdsvis 41,7 og 50,0 %). Stasjon 4 og 27 hadde de beste forholdene i elven. De hadde høyt redokspotensial i substratet (henholdsvis 438 og 414 mV) og en god del substrat med god habitatkvalitet (begge 58,3%), men reduksjonen i redokspotensial var stor (henholdsvis 27,0 og 29,1 %). Det er verdt å merke seg at tre av de fire stasjonene med best forhold (4-6) ligger i øvre del av elven. Det er denne delen av elven som er utsatt for minst menneskelig påvirkning (pers. obs.). Stasjon 1 skiller seg ut som den dårligste stasjonen i øvre del av elven, men dette kan nok forklares med at det var mye leirbunn der (pers. obs.). I nedre del av elven skiller stasjon 27 seg positivt ut fra de andre stasjonene, uten at det er noen åpenbar årsak til det (pers. obs.). For å få en bedre forståelse av forskjellene mellom stasjonene vil det være nødvendig å få en oversikt over hvor og hvordan næringsstoffer og partikler tilføres elven. I tillegg vil det være nødvendig å få en bedre forståelse av vannførings- og silteringsdynamikken i systemet.

Basert på disse funnene kan man annta at stasjon 4 og 27 er de best egnede lokalitetene for elvemusling i Lilleelv, selv om tilstanden ikke er spesielt god her heller. Dermed er det disse lokalitetene som er mest aktuelle for utsetting av juvenil elvemusling fra kultiveringsprogrammet. Det er sannsynlig at muslingene fra kultiveringsprogrammet vil klare seg ved disse lokalitetene, da de er større og mindre sårbare for lavt oksygennivå enn naturlig produserte juvenile muslinger (Per Jakobsen, pers. medd.).

Det er normalt en god sammenheng mellom redokspotensial og rekruttering av elvemusling (Killeen 2006, Geist & Auerswald 2007, Larsen 2012), men på grunn av manglende rekruttering er ikke Lilleelv egnet for en slik sammenligning. I tillegg er det ingen åpenbar sammenheng mellom redokspotensialet i elven i 2017 (Figur 7 og Tabell 2) og funn av elvemusling i 2006 (Figur 8a & b, Larsen & Simonsen 2008). Av de stasjonene som var med i begge undersøkels-



**Figur 8a.** Muslingtetthet i Lilleelv. Figuren viser tetthet av elvemusling pr. m<sup>2</sup> i elven i 2000 og 2006 ved stasjon 1-12. Legg merke til at tetthetene pr. m<sup>2</sup> og pr. minutt (Figur 8b) er fra forskjellige områder innenfor samme stasjon. Figuren er opprinnelig hentet fra Larsen & Simonsen (2008). I den opprinnelige rapporten er det Figur 7.



**Figur 8b.** Muslingtetthet i Lilleelv. Figuren viser tetthet av elvemusling pr. minutt i elven i 2000 og 2006 ved stasjon 1-12. Legg merke til at tetthetene pr. minutt og pr. m<sup>2</sup> (Figur 8a) er fra forskjellige områder innenfor samme stasjon. Figuren er opprinnelig hentet fra Larsen & Simonsen (2008). I den opprinnelige rapporten er det Figur 8.

ene, var stasjon 4-6 blant stasjonene med det høyeste redokspotensialet og den høyeste muslingtettheten. Samtidig var stasjon 9 og 10 blant stasjonene med det laveste redokspotensialet, men med den høyeste muslingtettheten. Uansett reflekterer muslingtettheten historiske forhold i et vassdrag, inkludert andre faktorer enn oksygentilgjengelighet i substratet. Muslingdataene er dessuten 11 år eldre enn redoksdataene, og det hadde vært ønskelig med en oppdatert statusbeskrivelse av bestanden i Lilleelv. Dermed er det ikke overraskende at man ikke finner noen sammenheng mellom redokspotensial og muslingtetthet i elven.

De vannkjemiske undersøkelsene i Lilleelv (Larsen & Simonsen 2008) viser at turbiditeten er høy. Høy turbiditet tilsier at partikkeltransporten i elven er høy, og det kan forklare høy siltering og lav oksygentilgjengelighet i substratet. Det er ingen åpenbare kilder til den høye turbiditeten i elven (pers. obs.), men kildene må identifiseres før det kan gjennomføres tiltak som kan redusere næringstilførselene og avrenningen til vassdraget. En annen potensiell forklaring er at det er mulig at nitrattilførselen til elven er for høy. Ett studie tyder på at det kreves noe lavere nitratverdier (Moorkens mfl. 2007) enn det man fant i elven for å opprettholde rekruttering av elvemusling mens andre studier finner rekruttering ved høyere verdier (Lois Lugilde 2015, Larsen 2017). Mulige kilder til nitratforurensning er først og fremst jordbruksaktivitet i øvre deler av vassdraget. I tillegg er det en del bebyggelse langs deler av elven (NEVINA 2017). Kantvegetasjon langs elven bør opprettholdes og den kan være ønskelig å reetablere den der den er forsvunnet. Dessuten kan det være ønskelig å identifisere og utbedre punktutslipp i nedbørsfeltet. Begge disse tiltakene vil bidra til å redusere nitrattilførselen. Det bør uansett foretas nye vannkjemiske undersøkelser i elven, siden slike undersøkelser ikke har blitt gjennomført i vassdraget siden 2007 (Larsen & Simonsen 2008). I enkelte deler av elven (områdene ovenfor stasjon 4, mellom stasjon 26 og 8, og nedenfor stasjon 10,) bør man vurdere å tilføre større steiner og grovere substrat til elvebunnen, da denne for det meste er svært ensartet (Foto 4, pers. obs.). Større heterogenitet i substratet vil kunne endre sedimenteringsdynamikken og føre til økt variasjon i siltering i elven. Dermed kan enkelte områder bli mer egnet som habitat både for juvenil musling og vertsfisk (Vannote & Minshall 1982, Roni mfl. 2002, Smokorowski & Pratt 2007, Larsen 2015, Quinlan mfl. 2015).



## 5 Storelva



**Figur 9.** Storelva. Hovedstrengen i vassdraget er markert med turkis. Kartet er generert i QGIS 2.16.1 (QGIS Developmental Team 2016). Kartgrunnlaget er fra GeoNorge (2017).

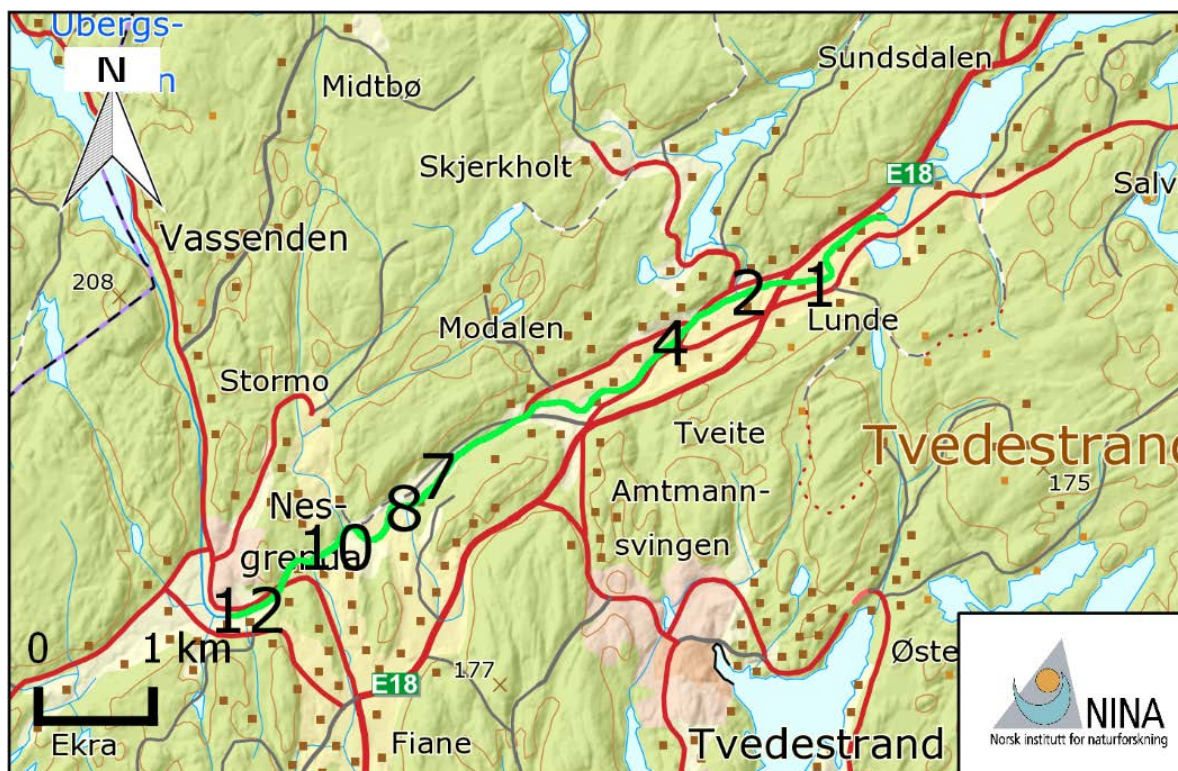
### 5.1 Områdebeskrivelse

Storelva (Vegårvassdraget) utgjør et eget vassdrag (vassdragsnr. 018.Z) i Aust-Agder, som i hovedsak renner sørover gjennom Gjerstad og Vegårshei kommuner før det renner inn i Tvedestrand kommune og svinger nordøstover (Figur 9). Elven har sitt utspring i Sølvskottjenn (315 moh.) ovenfor Torbjørnslia i sørvestlige deler av Gjerstad kommune. Denne delen av elven heter Grisbekken og renner sørover gjennom Hekkentjern (233 moh.) til Vegårsvatnet (220 moh.). Her går elven inn i Vegårshei kommune og fortsetter, nå som Vegårselva, ned til det nordøstlige hjørnet av Vegår (189 moh.). I Vestfjorden og Nordfjorden av Vegår kommer flere mellomstore og mindre sidevassdrag inn, og til sammen utgjør disse et av de største side-

vassdragene til Storelva. Fra Sørfjorden fortsetter selve Storelva ned gjennom tettstedet Vegårshei, Vegervann (159 moh.), Hauglandsvann (159 moh.) og ned til Ubergsvann (75 moh.). I dette området kommer også flere mellomstore sidevassdrag inn fra vest, som bl.a. inkluderer Songedalselva og Raudelva. Fra Ubergsvann renner elven inn i Tvedestrand kommune og ned til Nes. I dette området kommer de større sidevassdragene Lilleelv og Strengselva inn fra sørvest. Fra Nes renner elven nordøstover, gjennom Lunde og Lundevannet (2 moh.), og ut i Songevannet, som nærmest er en brakkvannspåvirket del av Nævestadfjorden. Ved Lunde kommer enda et større sidevassdrag, Skjerka, inn fra nord. Hovedstrengen i vassdraget er ca. 30 km lang mens selve Storelva er ca. 23 km lang, i begge tilfeller ekskludert innsjøer. Vassdraget drenerer vestlige deler av Gjerstad kommune, store deler av Vegårshei kommune og den nordvestlige delen av Tvedestrand kommune. Nedbørsfeltet er på ca. 407 km<sup>2</sup> og middelvannføringen er på 24.0 l/s/km<sup>2</sup> (liter pr. sekund pr. kvadratkilometer). Området som nedbørsfeltet dekker består av 83,5 % skog, 8,8 % innsjøer, 4,6 % myr, 1,9 % dyrket mark og 0,1 % urbane områder (NEVINA 2017). Berggrunnen i den øvre delen av vassdraget består av næringsfattige bergarter, som diverse typer gneis og migmatitt. Fra Vegårshei og nedover utgjør fremdeles disse bergartene en stor del av grunnen, men man får også innslag av ganske mye amfibolitt og andre mer næringsrikte bergarter, som noritt, metagabbro og gabbro (Nålsund & Padget 1988, BERGGRUNN 2017).

Over en lengre periode (1996-2015) har det blitt gjennomført vannkjemiske undersøkelser i Vegårvassdraget i forbindelse med overvåking av kalkingstiltak i vassdraget (Hindar 2016). I tillegg ble det i 2015 gjennomført vannkjemiske undersøkelser i Storelva, i forbindelse med bygging av ny E18 Arendal-Tvedestrand (Norconsult 2015). Basert på undersøkelser i 2015, i den delen av elven som har elvemusling (Larsen & Magerøy 2016b), tilsier kalsiumkonsentrasjonene (Hindar 2016) at Storelva er «kalkfattig» mens alkaliteten (Norconsult 2015) tilsier at elven er «moderat» kalkrik, i henhold til vannforskriften (Direktoratsgruppen 2015). Totalt organisk karbon (Norconsult 2015, Hindar 2016) og fargetall (Norconsult 2015) tilsier at elven ligger i grenseland mellom «klar» og «humøs». Basert på en klassifisering som «kalkfattig» og «klar» gir pH-verdiene nesten uten unntak en «god» tilstand eller bedre gjennom hele perioden fra 1996-2016 (Hindar 2016), selv om enkeltverdier kan tilsi «moderat» tilstand. Basert på en klassifisering som «kalkfattig» og «humøs» gir pH-verdiene uten unntak «god» tilstand eller bedre. Allikevel lå som regel pH-verdiene lavere enn minimumsgrensen for rekrutterende bestander av elvemusling (6,1-6,3, Larsen 1997, Degerman mfl. 2009). Verdiene av labilt aluminium (Hindar 2016) tilsier en normalvariasjon i tilstand mellom «god» og «dårlig» gjennom undersøkelsesperioden, men enkelte verdier tilsier til og med «svært dårlig» tilstand. En klassifisering som «moderat kalkrik» gir ingen mulighet til å evaluere tilstanden basert på pH eller labilt aluminium (Direktoratsgruppen 2015). I følge Norconsult (2015) resulterte undersøkelsene i 2015 i «svært god» tilstand basert på totalt fosfor og «god» tilstand basert på totalt nitrogen. Kalkingsovervåkingen mellom 2012 og 2015 gav liknende verdier for begge næringsstoffene (Hindar 2012, 2014, 2016), selv om enkelte av målingene gav verdier av totalt nitrogen som tilsa «moderat» tilstand. Nitratverdiene i samme periode var ikke så høye at de skulle være til hinder for rekruttering, da verdiene lå innenfor det som er rapportert for rekrutterende bestander av elvemusling (Moorkens mfl. 2007, Lois Lugilde 2015, Larsen 2017). Vassdraget hadde «god» tilstand basert på suspenderte partikler, men bare «moderat» tilstand når det gjaldt turbiditet, fargetall og totalt organisk karbon, og «dårlig» tilstand når det gjaldt kjemisk oksygenforbruk. Innholdet av mangan gav «svært god» tilstand og innholdet av kobber gav «god» tilstand, men innholdet av jern gav «moderat» tilstand. For flere detaljer, se Tabell 2 og Figur 4 i Hindar (2016), Vedlegg B i Hindar (2012, 2014, 2016), og Tabell 3 og Vedlegg 2 i Norconsult (2015).





**Figur 10.** Elvemusling og redoksmålingsstasjoner i Storelva. Grønn linje markerer funn av elvemusling (Larsen & Magerøy 2016b). Tallene 1-12 indikerer lokalisering av redoksmålingsstasjonene. Disse stasjonene tilsvarer elvemuslingstasjonene i Larsen & Magerøy (2016b). Kartet dekker strekningen fra Ubergsvann via Nes til Songevannet. Kartet er generert i QGIS 2.16.1 (QGIS Developmental Team 2016). Kartgrunnlaget er fra GeoNorge (2017).

I Storelva er det påvist abbor, gjedde, laks, niøye, trepigget stingsild, ørret og ål (Larsen mfl. 2001, Kleiven & Barlaup 2006, Saltveit mfl. 2009).

## 5.2 Elvemusling

Perlefiske og tilstedeværelse av elvemusling har lenge vært kjent fra Vegårvassdraget. Muslingen var kjent både i selve Storelva, men også fra flere av sidevassdragene (Dolmen & Kleiven 1997, Økland & Økland 1998, Kleiven mfl. 2013). I dag finnes det ikke elvemusling i noen av sidevassdragene, kanskje med unntak av Strengselva der det er usikkert om muslingen har blitt gjenintrodusert og om den fremdeles finnes (Bjørn Mejdell Larsen, pers. medd.). I selve Storelva finnes det observasjoner fra 1940-tallet (Lilleholt 1994) og muslingen ble observert fram til 1970-tallet (Dolmen & Kleiven 1997, Økland & Økland 1998, Kleiven mfl. 2013). Opprinnelig var elvemuslingen antakelig utbredt fra Hauglandsfossen, nedenfor Hauglandsvann, og helt ned til sjøen (Kleiven mfl. 2013). Det var antatt at muslingen hadde forsvunnet fra Storelva på 1960-til 1970-tallet (Larsen & Magerøy 2016b). I 2010 ble det 'gjenoppdaget' elvemusling nær utløpet i sjøen (Frode Kroglund, pers. medd., videreformidlet av Kleiven mfl. (2013) og Larsen & Magerøy (2016b)). Videre undersøkelser viste at det også fantes elvemusling opp mot Fosstveit (Kleiven mfl. 2013). I 2016 ble bestanden i vassdraget grundigere undersøkt (Larsen & Magerøy 2016b). Denne undersøkelsen viste at det er en sammenhengende bestand av elvemusling opp mot Berge og det ble også funnet en musling nedenfor Nes Verk (Figur 10). Gjennomsnittstett-





**Foto 5a-g.** Redoksmålingsstasjoner i Storelva. Stasjon 1, 2, 4, 7, 8, 10 og 12. Foto: Jon H. Magerøy.

heten på strekningen opp til Nes Verk var 0,1 musling pr. minutt, noe som tilsvarer en tetthet per m<sup>2</sup> på 0,04 (Larsen & Hartvigsen 1999). Minste musling var 72 mm lang, noe som kan tyde på at rekrutteringen har vært mangelfull de siste 10 årene. Allikevel tyder lengdefordelingen på at det var en periode med god rekruttering for ca. 10-20 år siden. Hvordan elvemusling har 'dukke opp igjen' i Storelva, har skapt en viss diskusjon. Det er kjent at det ble satt ut elvemusling fra Håelva på Jæren mellom Ramlett og Lunde i 1978 (Asbjørn Angelstad, Eilev Angelstad, Svein Kvifte og Anders Lunde, pers. medd., videreformidlet av Kleiven mfl. (2013)). At muslingen skal ha spredd seg fra denne ene lokaliteten til dagens relativt store utbredelsesområde, inkludert forbi vandringshinderet ved Fosstveit, virker usannsynlig ifølge Larsen & Magerøy (2016b). Det foreslås at muslingen alternativt kan ha overlevd i selve Storelva eller i en av sideelvene uten at disse lokalitetene var kjent.

### 5.3 Metodikk

Redoksmålinger ble gjennomført i Storelva den 04.-05.09.2017. Det ble gjennomført målinger ved syv stasjoner mellom Nes Verk og Lundevannet (se Figur 10 og Foto 5a-g). Stasjonene ble lagt til et utvalg av de stasjonene som ble undersøkt for elvemusling i 2016 (Larsen & Magerøy 2016b) og gitt de samme nummerne som i den rapporten. Stasjonene er representative for de delene av elven som fremdeles har elvemusling. Bare mindre deler av hver stasjon ble valgt ut til undersøkelse, pga. elvens store bredde. Det ble tatt 15-16 målinger i substratet og 4-5 målinger i de frie vannmassene per stasjon. Disse målingene fordelte seg på 4-5 transekter per stasjon. Både transektene og målepunktene innen transektene ble lagt ca. 2 m fra hverandre. Målinger ble bare gjennomført i de delene av stasjonene som hadde vanddekke. I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur ved enkelte stasjoner, og vannføringen ble evaluert basert på NVEs måledata fra elven og i forhold til nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon.

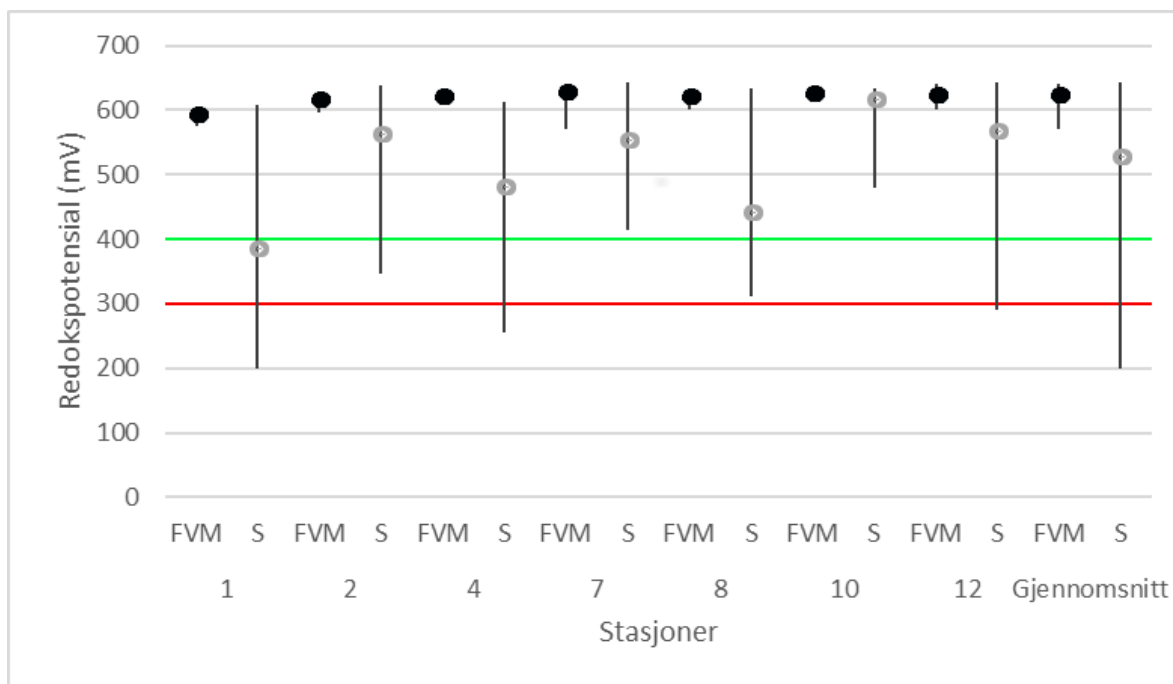
### 5.4 Resultater

Temperaturen i Storelva varierte mellom 14,5 og 15,6 °C. Vannføringen var 3,4 m<sup>3</sup>/s (NVE 2017b) og evaluert til å være middels-lav. Resultatene av redoksmålingene fra elven er beskrevet i detalj i Figur 11 og Tabell 3.

### 5.5 Diskusjon

I Storelva var temperaturen en god del lavere enn den antatte maksimumstemperaturen i elven (sannsynligvis over 20 °C) og vannføringen noe høyere enn den antatte minimumsvannføringen i elven. Dermed må man anta at det målte redokspotensialet ligger over det man vil finne under de verste sommerforholdene i elven.

Medianverdien for reduksjonspotensialet i substratet i Storelva var 525 mV. Dette ligger godt over minimumsnivåene som er nødvendige for å opprettholde rekrutterende bestander av elvemusling (Geist & Auerswald 2007) og verdien tilsier svært god habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var på 15,5 %, noe som tilsier god habitatkvalitet (Killeen 2006). Det var også en stor del av substratet som var av god habitatkvalitet for juvenil elvemusling (81,1 % av substratet hadde redokspotensial



**Figur 11.** Resultater av redoksmålinger i Storelva. Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver av stasjonene og gjennomsnittsverdiene for elven. Minimumsgrensene for god (400 milliVolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Figuren er generert i Microsoft Excel 2016.

over 400 mV). Dermed tilsier redoksmålingene i Storelva at habitatkvaliteten for juvenile muslinger er god til svært god, i det store og hele. Gitt dette funnet er det kanskje noe overraskende at rekrutteringen i Storelva ikke er større enn det som er registrert på 2000-tallet (Kleiven mfl. 2013, Larsen & Magerøy 2016b).

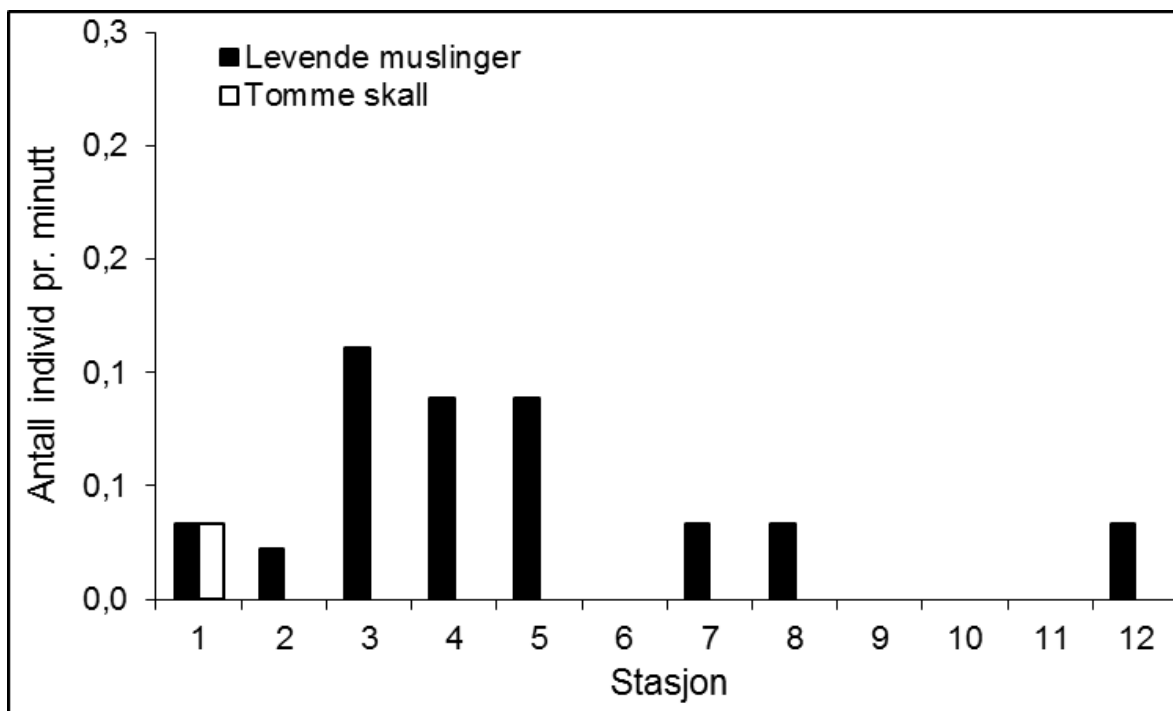
Hvis man sammenligner de enkelte stasjonene i Storelva, så er bildet noe mer nyansert. Stasjon 1 var den eneste stasjonen med noe lavt median redokspotensial i substratet (384 mV). I tillegg hadde den også den største reduksjonen i redokspotensial mellom vannmassene og substratet (35,2 %) og den laveste andelen av substratet som var av god habitatkvalitet for juvenil elvemusling (50,0 %). Stasjon 4 og 8 hadde høyt redokspotensial (henholdsvis 481 og 440 mV), og en høy andel substrat med god habitatkvalitet (henholdsvis 81,3 og 62,5 %), men reduksjonen i redokspotensial var relativt høy (henholdsvis 23,0 og 29,0 %). For alle de andre stasjonene var redokspotensialet og andelen godt habitat svært høy (henholdsvis 551-615 mV og 87,5-100 %) mens reduksjonen i redokspotensial var lav til svært lav (1,4-12,1 %). Grunnen til at stasjon 1 hadde dårligst tilstand kan kanskje forklares ved at den er den nederste stasjonen i elven. De nedre delene av elven er mest utsatt for landbrukspåvirkning og annen menneskelig aktivitet (pers. obs.). I tillegg er elven også stilleflytende på denne stasjonen (Foto 5a). Grunnen til at stasjon 8 hadde noe dårligere tilstand kan kanskje forklares med at den ligger i nedre del av et stilleflytende parti av elven (Foto 5e). At stasjon 4 også hadde noe dårligere tilstand, var det ingen åpenbare grunner til (pers. obs.). For å få en bedre forståelse av forskjellene mellom stasjonene vil det være nødvendig å få en oversikt over hvor og hvordan næringsstoffer og partikler tilføres elven. I tillegg vil det være nødvendig å få en bedre forståelse av vannførings- og silteringsdynamikken i systemet.

Basert på disse funnene kan man anta at stasjon 2, 7, 10 og 12 er de best egnede lokalitetene for elvemusling i Storelva, men det er verdt å merke seg at alle stasjonene, med unntak av stasjon 10, har musling (Larsen & Magerøy 2016b). Forholdene er heller ikke spesielt dårlige på stasjon 1, 4 og 8, så dette er kanskje ikke så overraskende. Hvis man i framtiden skulle ta musling fra elven inn i det nasjonale overvåkingsprogrammet, vil sannsynligvis alle stasjonene kunne egne seg for utsetting, men man bør prioritere de lokalitetene med høyest redokspotensiale i substratet.

Det er normalt en god sammenheng mellom redokspotensial og rekruttering av elvemusling (Killeen 2006, Geist & Auerswald 2007, Larsen 2012). Selv om det har vært rekruttering i elven for 10-20 år siden, så er det såpass lenge siden at elven ikke er spesielt egnet for en slik sammenlikning. I tillegg er det ingen åpenbar sammenheng mellom redokspotensialet i elven i

**Tabell 3.** Resultater av redoksmålinger i Storelva. Tabellen viser resultater for hver av stasjonene og gjennomsnittet for elven. De øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redoksverdier over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV.

Parameter	Medium	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 4	Stasjon 7	Stasjon 8	Stasjon 10	Stasjon 12	Gjennom -snitt
Median redokspotensial (mV)	FVM	592	616	621	627	619	624	623	622
	Substrat	384	560	481	551	440	615	567	525
Maksimum redokspotensial (mV)	FVM	604	626	624	637	627	632	640	640
	Substrat	608	639	613	642	633	633	643	643
Minimum redokspotensial (mV)	FVM	575	597	619	571	602	618	601	571
	Substrat	200	347	256	413	312	479	290	200
% reduksjon	NA	35,2	9,1	23,0	12,1	29,0	1,4	9,0	15,5
% $\geq 400$ mV	FVM	100	100	100	100	100	100	100	100
	Substrat	50,0	87,5	81,3	100	62,5	100	87,5	81,1
% 400-300 mV	FVM	0	0	0	0	0	0	0	0
	Substrat	12,5	12,5	12,5	0	37,5	0	6,3	11,7
% $\leq 300$ mV	FVM	0	0	0	0	0	0	0	0
	Substrat	37,5	0	6,3	0	0	0	6,3	7,2



**Figur 12.** Muslingtetthet i Storelva. Figuren viser tetthet av elvemusling i elven i 2016 ved stasjon 1-12. Figuren er opprinnelig hentet fra Larsen & Magerøy (2016b). I den opprinnelige rapporten er det Figur 4.

2017 (Figur 9 og Tabell 3) og funn av elvemusling i 2016 (Figur 12, Larsen & Magerøy 2016b). Blant de stasjonene som ble inkludert i begge undersøkelsene så hadde stasjon 2, 7, 10 og 12 svært høyt redokspotensial, men lav eller ingen muslingtetthet. Stasjon 4 og 8 hadde noe dårligere forhold mens muslingtettheten var henholdsvis høyest og lav. Stasjon 1 hadde lavest redokspotensial, men det var også en lav tetthet av muslinger der. Uansett reflekterer muslingtettheten historiske forhold i et vassdrag, inkludert andre faktorer enn oksygentilgjengelighet i substratet. I tillegg er forskjellene i redokspotensial og muslingtetthet så små i Storelva, at det gjør det vanskelig å vurdere stasjonene opp mot hverandre. Dermed er det ikke overraskende at man ikke finner noen sammenheng mellom redokspotensial og muslingtetthet i elven.

Den generelt gode tilstanden i Storelva passer godt med at de vannkjemiske undersøkelsene ikke tilsier at det er spesielt stor næringstilførsel til elven (Hindar 2012, 2014, 2016, Norconsult 2015). Derimot kan de noe dårligere forholdene ved enkelte av stasjonene kanskje forklares med at de samme undersøkelsene fant «moderat» tilstand når det gjaldt turbiditet, fargetall og totalt organisk karbon, og «dårlig» tilstand når det gjaldt kjemisk oksygenforbruk (Norconsult 2015) i henhold til vannforskriften (se Direktoratgruppen 2015). Alt i alt virker det ikke som om redusert oksygentilgjengelighet i substratet er den største utfordringen til elvemuslingen i Storelva, men det er viktig å ha i mente at målingene våre ikke representerer de verste forholdene man kan forvente å oppleve i løpet av en normal sommer. Det er likevel mer sannsynlig at andre faktorer enn oksygentilgjengelighet i substratet bidrar til den lave rekrutteringen i vassdraget. pH-verdier under minimumsgrensen for rekrutterende bestander av elvemusling kan f.eks. være en avgjørende faktor.



## 6 Straibekken

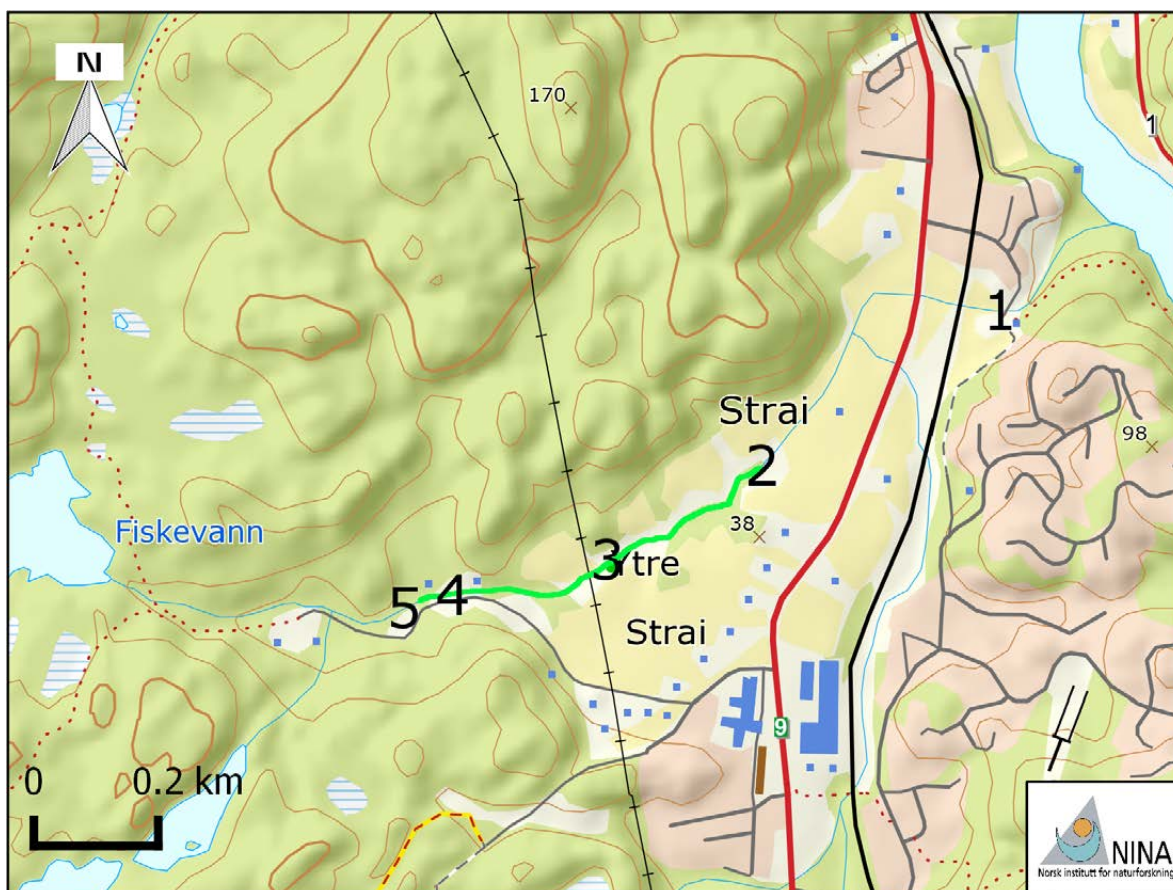


**Figur 13.** Straibekken. Hovedstrengen i bekken er markert med turkis. Sidebekken Lillebekk strekker seg sørover langs Riksvei 9. Kartet er generert i QGIS 2.16.1 (QGIS Developmental Team 2016). Kartgrunnlaget er fra GeoNorge (2017).

### 6.1 Områdebeskrivelse

Straibekken (Aurebekk/Fiskevannsbekken) er en tilførselsbekk (i delfelt 021.A21) i Otra-vassdraget (vassdragsnr. 021.Z). Bekken renner gjennom Strai i Kristiansand kommune i Vest-Agder (Figur 13). Hovedstrengen i bekken starter i Nordtjønn (91 moh.). Derfra renner den sørover til Aurebekkvannet (90 moh.). Fra vannet renner bekken østover, gjennom Fiskevann (58 moh.) og Straismoen, og ut i Otra ved Ytre Strai. Nedenfor Straismoen kommer den større sidebekken Lillebekk inn fra sør. Hovedstrengen i bekken er 3,2 km lang, ekskludert innsjøer. Bekken drenerer områdene vest og sør for Straismoen og nedbørsfeltet er på 8,8 km<sup>2</sup>. Nedbørsfeltet består av 80,0 % skog, 4,9 % innsjøer, 3,2 % urban bebyggelse, 3,1 % dyrket mark og 2,2 % myr (NEVINA 2017). Berggrunnen i vassdraget består av næringsrike bergarter som amfibolitt, hornblendegneis og glimmergneis, og mer næringsfattige bergarter som øyegneis, granitt og foliert granitt (BERGGRUNN 2017).

Bunndyrundersøkelser i Straibekken viser at den rundt år 2000 fremdeles var påvirket av forurengning (Kroglund mfl. 2001, Aanes 2003), selv om pH og labilt aluminium ikke gjennspeilte dette (Kroglund & Kaste 2002).



**Figur 14.** Elvemusling og redoksmålingsstasjoner i Straibekken. Grønn linje markerer funn av elvemusling (Magerøy 2017). Tallene 1-5 indikerer lokalisering av redoksmålingsstasjonene. Kartet dekker strekningen fra Fiskevann til Otra. Kartet er generert i QGIS 2.16.1 (QGIS Developmental Team 2016). Kartgrunnlaget er fra GeoNorge (2017).

Både ørret og laks er til stede i midtre og nedre deler av Straibekken (Kroglund mfl. 2001, Kroglund mfl. 2008). Laksens utbredelse stoppes med sikkerhet ved utløpet av Fiskevann, der det er en demning, men det finnes flere vandringshinder nedenfor dette vannet som også kan begrense laksens utbredelse (pers. obs.). I tillegg til laks og ørret, er det påvist ål og bekkerøye i bekken (Kroglund mfl. 2001). I Otravassdraget er det påvist abbor, niøye, trepigget stingsild, skrubbe og ørekyte (Kaste mfl. 2000, Kroglund mfl. 2001).

## 6.2 Elvemusling

Elvemusling ble funnet for første gang i Straibekken i 2017 (Magerøy 2017). Det var tidligere funnet en enkelt musling i Otra ved Haus i 2009 (Gregersen 2009). I forbindelse med et nytt søk i nedre del av Otra med sidebekker ble det funnet 13 muslinger i Straibekken. Muslingene var fordelt på en strekning på ca. 700 m, nedenfor Fiskevann ved Straismoen (Figur 14). Det ble bare funnet voksne muslinger og bestanden har sviktende rekruttering.

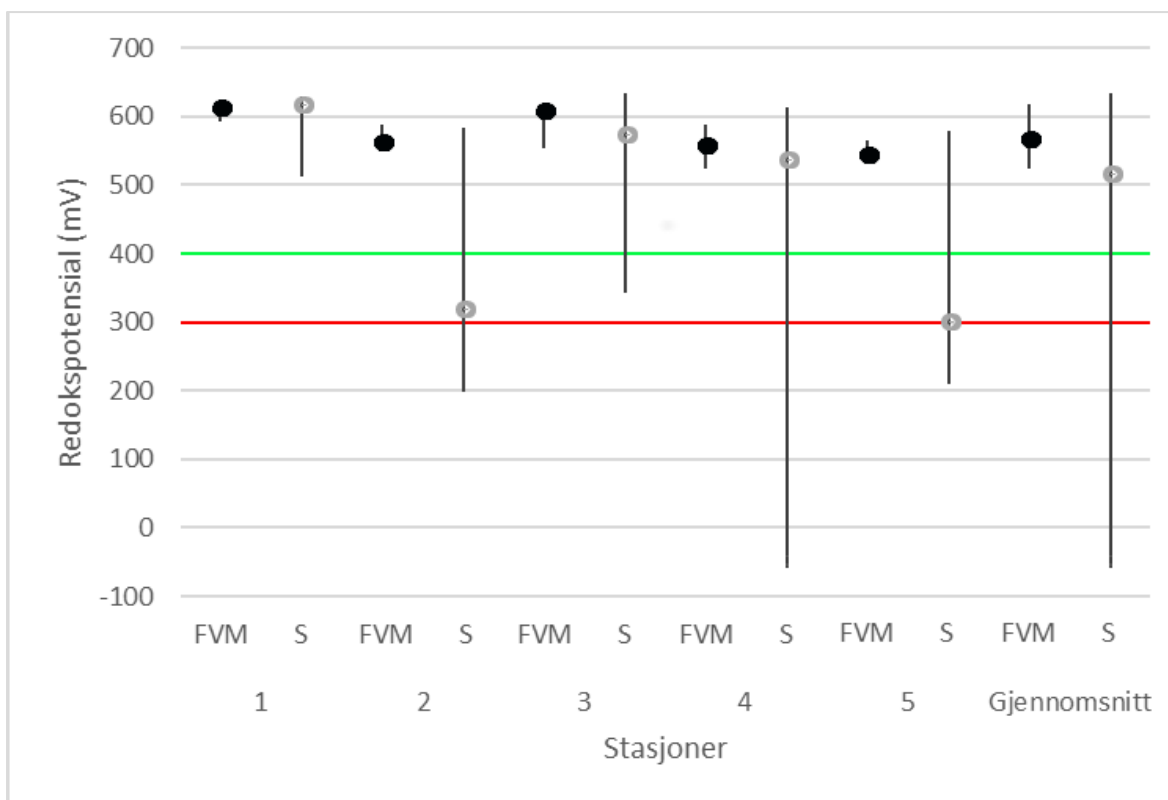




**Foto 6a-e.** Redoksmålingsstasjoner i Straibekken. Stasjon 1-5. Foto: Jon H. Magerøy.

### 6.3 Metodikk

Redoksmålinger ble gjennomført i Straibekken den 24.09.2017. Det ble gjennomført målinger ved fem stasjoner mellom Fiskevann og Otra (se Figur 14 og Foto 6a-e). Alle stasjonene ble lagt i de delene av bekken som ble undersøkt for elvemusling i 2017 (Magerøy 2017). Det ble tatt 16 målinger i substratet og 4 målinger i de frie vannmassene per stasjon. Disse målingene fordelte seg på åtte transekter per stasjon. Både transektene og målepunktene innen transektene ble lagt ca. 2 m fra hverandre. For transekter der bekken var mindre enn 4 m bred ble avstanden mellom målepunktene redusert noe, hvis nødvendig ned til 1 m. Dette gjaldt de fleste av transektene som ble undersøkt. Målinger ble bare gjennomført i de delene av stasjonene som



**Figur 15.** Resultater av redoksmålinger i Straibekken. Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver av stasjonene og gjennomsnittsverdiene for bekken. Minimumsgrensene for god (400 milliVolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Figuren er generert i Microsoft Excel 2016.

hadde vanddekke. I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur ved enkelte stasjoner, og vannføringen ble evaluert i forhold til nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon.

## 6.4 Resultater

Temperaturen i Straibekken varierte mellom 12,1 og 12,5 °C. Vannføringen var middels-lav. Resultatene av redoksmålingene fra bekken er beskrevet i detalj i Figur 15 og Tabell 4.

## 6.5 Diskusjon

I Straibekken var temperaturen en god del lavere enn den antatte maksimumstemperaturen i bekken (sannsynligvis over 20 °C) og vannføringen noe høyere enn den antatte minimumsvannføringen i bekken. Dermed må man anta at det målte redokspotensialet ligger over det man vil finne under de verste sommerforholdene i bekken.

Medianverdien for reduksjonspotensialet i substratet i Straibekken var 515 mV. Dette ligger godt over minimumsnivåene som er nødvendige for å opprettholde rekrutterende bestander av

elvemusling (Geist & Auerswald 2007) og verdien tilsier svært god habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var på 8,9 %, noe som tilsier svært god habitatkvalitet (Killeen 2006). Det var også en god del av substratet som var av god habitatkvalitet for juvenil elvemusling (63,8 % av substratet hadde redokspotensial over 400 mV). Dermed tilsier redoksmålingene i Straibekken at habitatkvaliteten for juvenile muslinger er god til svært god, i det store og hele. Gitt dette funnet er det kanskje noe overraskende at det ikke ble funnet rekruttering i bekken i 2017 (Magerøy 2017).

Hvis man sammenligner de enkelte stasjonene i Straibekken, så er bildet mye mer variert. Stasjon 2 og 5 hadde lavt til svært lavt redokspotensial i substratet (henholdsvis 319 og 299 mV), en svært stor reduksjon i redokspotensial mellom vannmassene og substratet (henholdsvis 43,2 og 44,9 %), og lite substrat som var av god habitatkvalitet for juvenil elvemusling (henholdsvis 25,0 og 31,3 %). De andre stasjonene hadde svært høyt redokspotensial (535-616 mV), svært

**Tabell 4.** Resultater av redoksmålinger i Straibekken. Tabellen viser resultater for hver av stasjonene og gjennomsnittet for bekken. De øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redoksverdier over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV.

Parameter	Medlum	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5	Gjennomsnitt
Median redokspotensial (mV)	FVM	610	561	607	556	543	565
	Substrat	616	319	572	535	299	515
Maksimum redokspotensial (mV)	FVM	612	589	617	587	566	617
	Substrat	629	584	635	613	579	635
Minimum redokspotensial (mV)	FVM	592	548	553	523	538	523
	Substrat	512	197	342	-58	210	-58
% reduksjon	NA	-0,9	43,2	5,7	3,8	44,9	8,9
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100
	Substrat	100	25,0	93,8	68,8	31,3	63,8
% 400-300 mV	FVM	0	0	0	0	0	0
	Substrat	0	25,0	6,3	12,5	18,8	12,5
% ≤ 300 mV	FVM	0	0	0	0	0	0
	Substrat	0	25,0	0	18,8	50,0	23,8

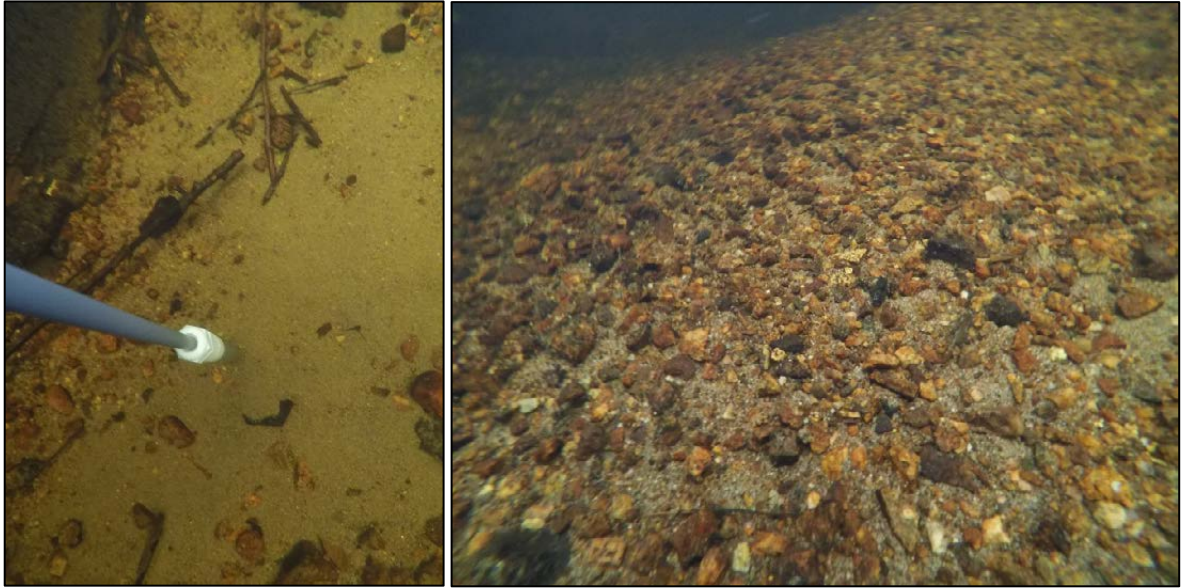
liten reduksjon i redokspotensial (fra en reduksjon på 5,7 % til en økning på 0,9 %) og en stor til svært stor andel godt habitat (68,8-100 %). At stasjon 5 hadde det dårligste redokspotensialet er overraskende siden denne stasjonen er øverst i bekken, men dette kan kanskje forklares med at det har vært hogst i området oppstrøms denne stasjonen (pers. obs.). At stasjon 2 også hadde dårlig redokspotensial er ikke så overraskende, da denne stasjonen ligger i en del av bekken der det er lite kantvegetasjon og beitedyr har direkte tilgang til bekken (pers. obs.). Derimot er det overraskende at stasjon 1 hadde så gode forhold, da denne stasjonen ligger nederst i bekken. Denne delen av bekken er sterkt påvirket av menneskelig aktivitet og lukket kloakk under elvemuslingundersøkelsene i 2017. Substratet bestod imidlertid av meget ustabil sand (pers. obs.) med god vanngjennomstrømning, som kan forklare de høye redoksverdiene. Det var noe overraskende at forskjellene var så store innad i bekken, og at de 'gode' og 'dårlige' stasjonene ikke fordelte seg i et geografisk mønster. For å få en bedre forståelse av forskjellene mellom stasjonene vil det være nødvendig å få en oversikt over hvor og hvordan næringsstoffer og partikler tilføres bekken. I tillegg vil det være nødvendig å få en bedre forståelse av vannførings- og silteringsdynamikken i systemet.

Basert på disse funnene kunne man anta at stasjon 1, 3 og 4 er de best egnede lokalitetene for elvemusling i Straibekken. Substratet på stasjon 1 var imidlertid svært ustabil, og om man i framtiden skulle ta musling fra bekken inn i det nasjonale overvåkingsprogrammet er stasjon 3 og 4 best egnet for utsetting.

Det er normalt en god sammenheng mellom redokspotensial og rekruttering av elvemusling (Killeen 2006, Geist & Auerswald 2007, Larsen 2012), men på grunn av manglende rekruttering er ikke Straibekken egnet for en slik sammenligning. Allikevel er det en viss sammenheng mellom redokspotensialet i bekken (Figur 15 og Tabell 4) og funn av elvemusling i 2017 (Magerøy 2017). De to stasjonene som hadde høyt redokspotensiale og stabilt substrat, lå også i de to områdene som hadde flest muslinger. På den annen side så lå en av de to stasjonene med svært lavt redokspotensiale i et område der det ble funnet en musling. Uansett reflekterer muslingtettheten historiske forhold i et vassdrag, inkludert andre faktorer enn oksygentilgjengelighet i substratet. Dermed er det ikke overraskende at sammenhengen mellom redokspotensial og muslingtetthet er svak i bekken.

Den gode tilstanden i Straibekken, spesielt i områdene med mest musling, tyder på at redusert oksygentilgjengelighet i substratet ikke er den største utfordringen til elvemuslingen i bekken. Dermed er det kanskje andre faktorer, som f.eks. bestandens lille størrelse og forsurening som forklarer mangelen på rekruttering (Magerøy 2017). Allikevel er det viktig å merke seg at enkelte stasjoner hadde svært dårlige forhold og at målingene ikke representerer de verste forholdene man kan forvente å oppleve i løpet av en normal sommer. De dårlige forholdene ved enkelte stasjoner kan kanskje forklares med hogst, lite kantvegetasjon, beitedyrs tilgang til bekken og/eller næringstilførsel til bekken fra jordbruk og bebyggelse (Magerøy 2017). Dermed er det ønskelig å gjennomføre vannkjemiske undersøkelser i bekken, får å bekrefte eller avkrefte om forhøyet næringstilførsel og siltering er et problem. Hvis det viser seg at næringstilførselen er for høy, så vil det være ønskelig å reetablere kantvegetasjon langs bekken, redusere tilgangen for beitedyr, og identifisere og utbedre eventuelle forurensningskilder. I tillegg kan det også være ønskelig å tilføre større steiner og grovere substrat til bekkebunnen, da denne for det meste er svært ensartet (Foto 7a & b, pers. obs.). Større heterogenitet i substratet vil kunne endre sedimenteringsdynamikken og føre til økt variasjon i siltering i bekken. Dermed kan enkelte om-

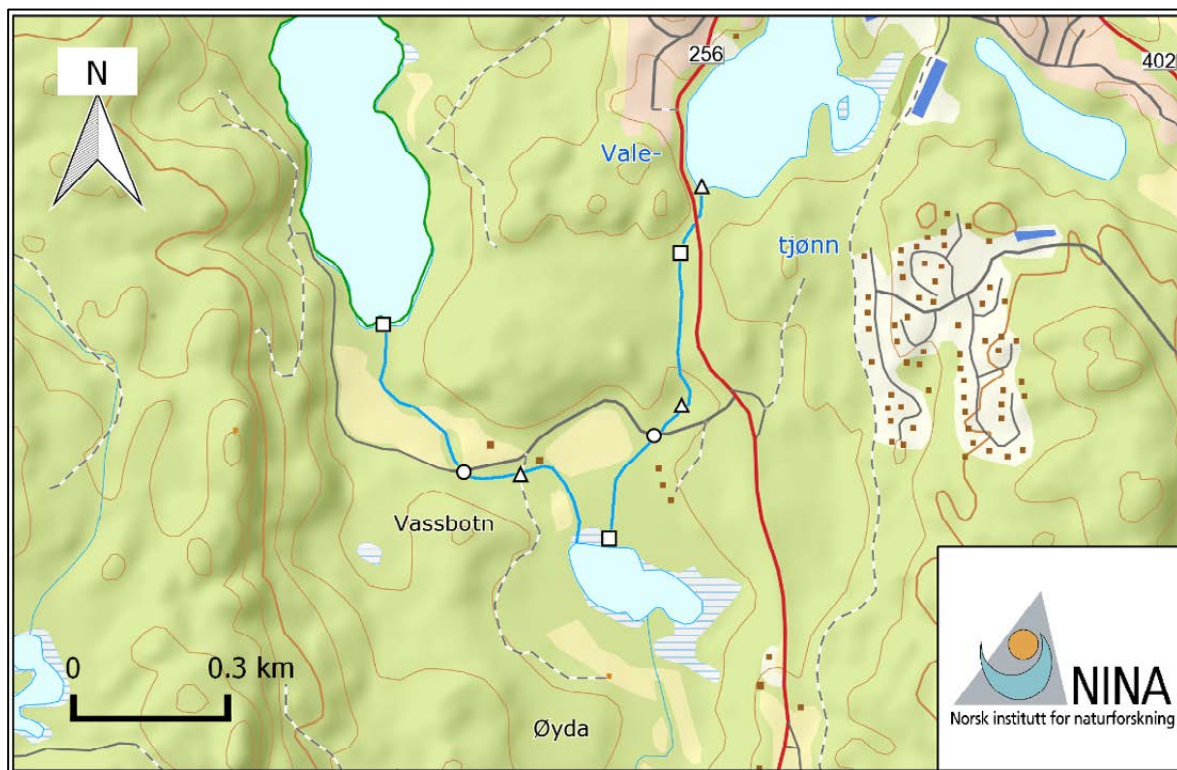




**Foto 7a & b.** Ensartet substrat i deler av Straibekken.

råder bli mer egnet som habitat både for juvenil musling og vertsfisk (Vannote & Minshall 1982, Roni mfl. 2002, Smokorowski & Pratt 2007, Larsen 2015, Quinlan mfl. 2015).

## 7 Vassbotnbekken

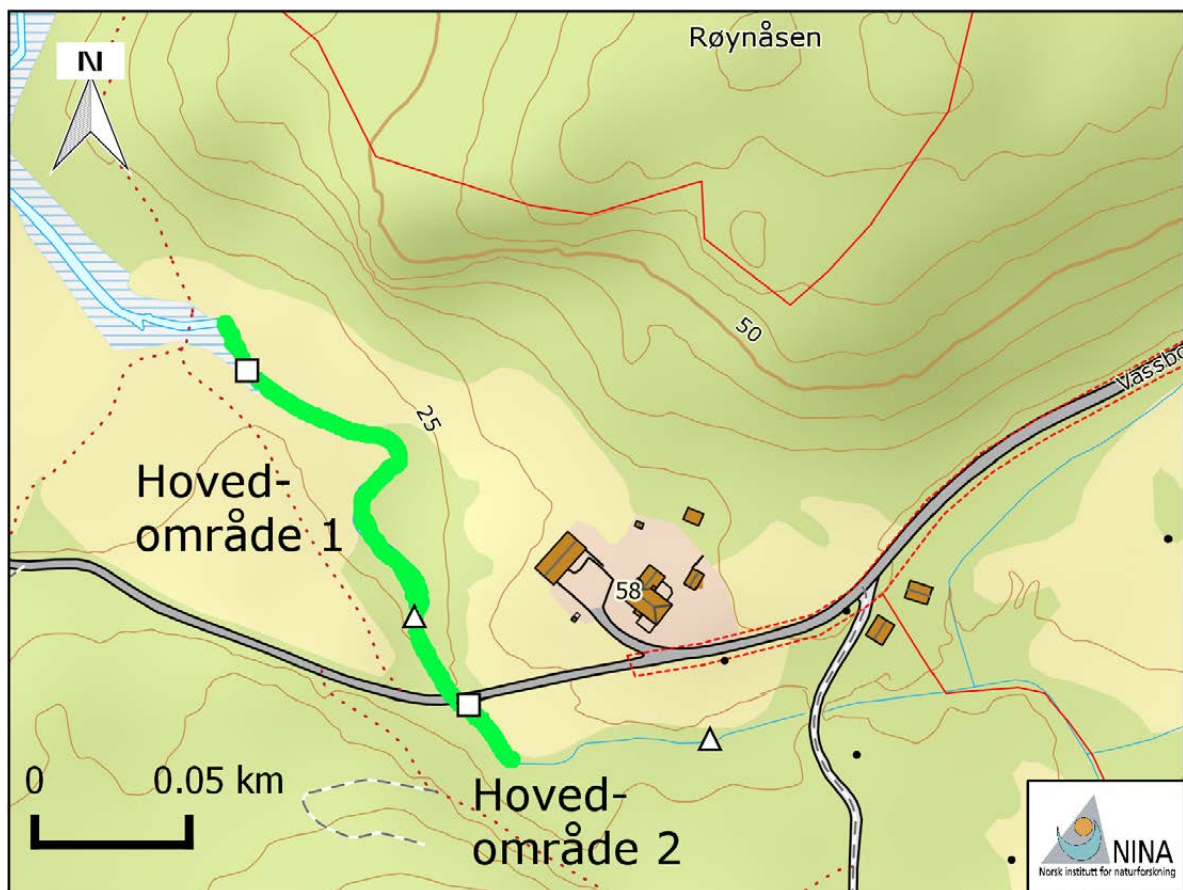


**Figur 16.** Vassbotnbekken. Hovedstrengen i vassdraget er markert med turkis. Firkanter indikerer startpunkt og trekkanter indikerer sluttunkt for områdene som ble undersøkt for elvemusling i 2017. Sirkler indikerer lokaliteter for vannprøvetaking som ble gjennomført i sammenheng med disse undersøkelsene. Kartet er hentet fra Magerøy & Larsen (2017). I den opprinnelige rapporten er det Figur 2.

### 7.1 Områdebeskrivelse

Vassbotnbekken er en tilførselsbekk til Osebekken/Berse (vassdragsnr. 020.A7) som er et sidevassdrag i Tovdalsvassdraget (vassdragsnr. 020.Z). Den renner i sin helhet gjennom Birkenes kommune i Aust-Agder (Figur 16). Bekken har sitt utspring i Øygardstjønn (64 moh.). Derfra renner den vestover til Valetjønn (56 moh.) og videre sørover til Vassbotntjønn (29 moh.). Så fortsetter den nordvestover til Berse (20 moh.). Bekken er ca. 2 km lang og drenerer områdene sør for Birkeland i Birkenes kommune. Nedbørsfeltet er på 3,7 km<sup>2</sup> og middelvanntføringen er på 29,4 l/s/km<sup>2</sup> (liter pr. sekund pr. kvadratkilometer). Ca. 60 % av nedbørsfeltet ligger over marin grense. Det består av 79,5 % skog (løv- og barskog), 8,6 % dyrket mark, 3,5 % vanndekt areal, 1,9 % bebyggelse og 0,5 % våtmarksområder. Berggrunnen i øvre del av nedbørsfeltet består av næringsfattig gneis mens i den nedre delen av nedbørsfeltet er det mer næringsrike bergarter som amfibolitt og glimmerskifer. I tillegg er det morenemasser i området (Haavik & Løvdaal 2011, Kleiven mfl. 2013, NEVINA 2017, NORGESKART 2017, VANNMILJØ 2017).

Vannkjemien i Vassbotnbekken ble undersøkt i 2016 og 2017 i forbindelse med undersøkelse av bestandsstatus og tiltaksanalyse for elvemuslingen i bekken (Magerøy & Larsen 2017). I hen-



**Figur 17.** Elvemusling og redokshovedområder i Vassbotnbekken. Grønn linje markerer funn av elvemusling (Magerøy & Larsen 2017). Firkantene indikerer startpunktet og trekantene indikerer sluttpunktet for hver av det to redokshovedområdene. Kartet dekker bekkeløpet ved Vassbotn gård. Kartet er generert i QGIS 2.16.1 (QGIS Developmental Team 2016). Kartgrunnlaget er fra GeoNorge (2017).

hold til vannforskriften (Direktoratsgruppen 2015), framstod Vassbotnbekken som «klar», basert på fargetall og totalt karbon. Bekken var helt på grensen mellom «kalkfattig» og «moderat kalkrik», basert på verdiene for kalsium og alkalinitet. Begge sett med verdier var høyere i øvre enn nedre del av bekken. Basert på en klassifisering som «klar», «kalkfattig» og ikke-lakseførende, tilsa pH-verdiene «god» tilstand. De var høyere enn minimumsgrensen for rekrutterende bestander av elvemusling (6,1-6,3, Larsen 1997, Degerman mfl. 2009), med unntak av en måling i øvre del av bekken. Verdiene av labilt og potensielt giftig aluminium (U<sub>ml</sub>) tilsa også «god» tilstand. Når det gjaldt næringsstoffer, ga de totale fosforverdiene «svært god» tilstand. Derimot ga de totale nitrogenverdiene «moderat» tilstand i øvre del og «dårlig» tilstand i nedre del av bekken. I tillegg lå gjennomsnittsverdiene av nitrat langt over verdiene man normal sett finner i elvemuslingvassdrag med rekruttering (Moorkens mfl. 2007, Lois Lugilde 2015, Larsen 2017). Basert på Statens Forurensningstilsyns (nå Miljødirektoratet) klassifiseringssystem for miljøkvalitet (Andersen mfl. 1997) tilsa verdiene av jern «mindre god» tilstand. For flere detaljer, se Tabell 1a og b i Magerøy & Larsen (2017).

Det finnes niøye, ørret og ål i bekken mens innsjøene har bestander av abbor og ørret (Haavik & Løvdal 2011, Kleiven mfl. 2013).

## 7.2 Elvemusling

Fra historiske kilder er det kjent at innløpsbekkene til vannet Berse, ved Birkeland i Birkenes kommune, hadde bestander av elvemusling (Helland 1904). Det skal ha vært tett med elvemusling i Vassbotnbekken før og det foregikk perlefiske i bekken, kanskje helt fram til 1960-tallet (Andreas Repstad, pers. medd., videreformidlet av Kleiven mfl. (2013)). Undersøkelser på 1980- og 1990-tallet viste at det bare var noen få muslinger tilbake i bekken (Dolmen & Kleiven 1997, Kleiven mfl. 2013). I 2016 ble bekken undersøkt på nytt (Magerøy & Larsen 2017). Undersøkelsene viste at i overkant av 100 muslinger finnes på en ca. 200 m lang strekning ved Vassbotn gård (Figur 17). Den minste muslingen som ble funnet var 74 mm, noe som indikerer at det ikke har foregått rekruttering i bekken på lang tid. Dette stemmer overens med undersøkelser fra 2009, da det heller ikke ble funnet mindre muslinger (Kleiven mfl. 2013). I Vassbotnbekken er det antatt at ørret er vertfisk for muslinglarvene (Magerøy & Larsen 2017). Grunnet manglende rekruttering i Vassbotnbekken ble det i 2017 hentet inn 60 muslinger fra bekken (pers. obs.) til det nasjonale kultiveringsprogrammet for elvemusling. Ungmuslinger er nå i produksjon og det er planlagt utsetting i årene som kommer (Per Jakobsen, pers. medd.).

## 7.3 Metodikk

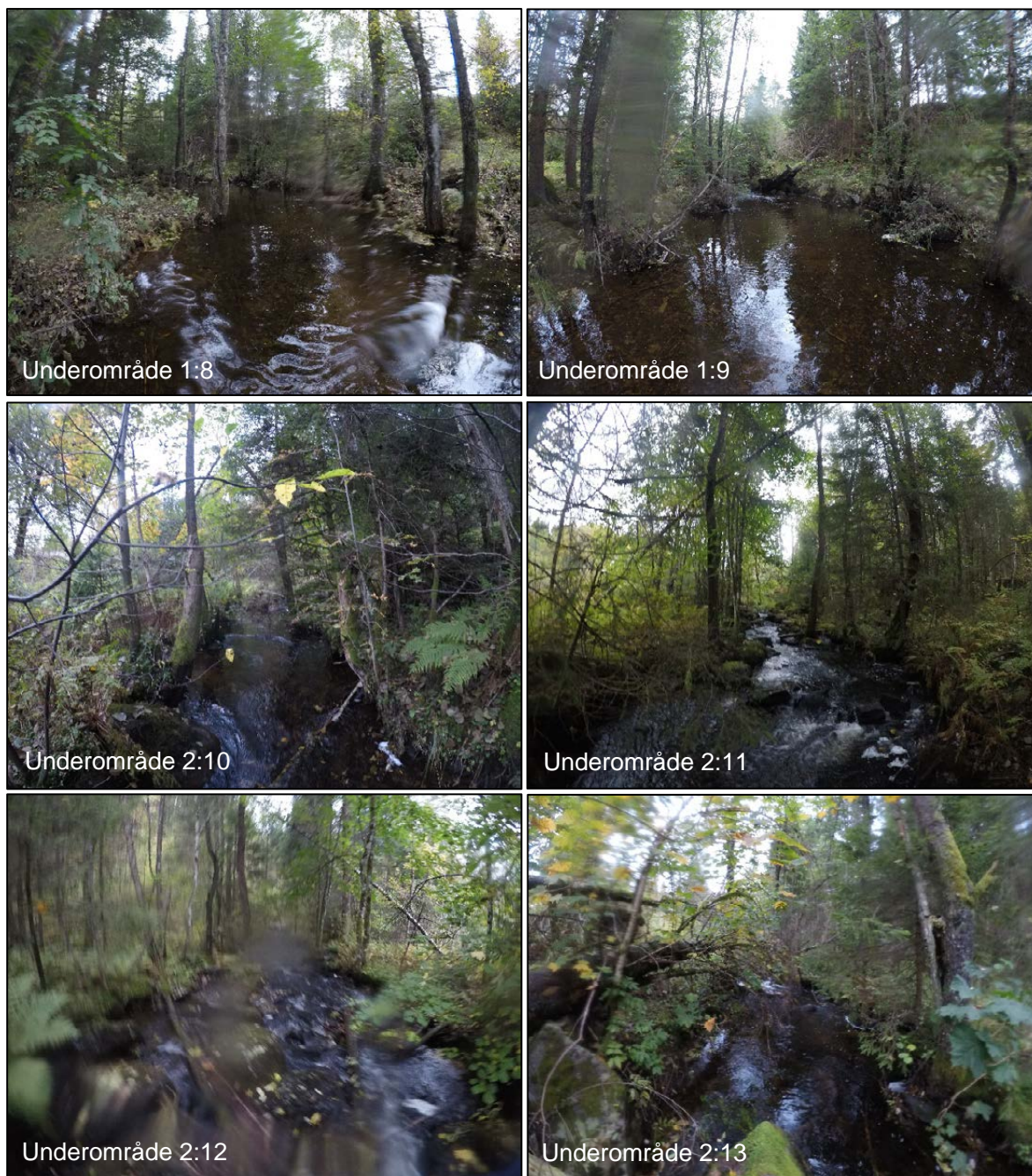
Redoksmålinger ble gjennomført i Vassbotnbekken den 23.09.2017. Det ble gjennomført målinger i hele det tilgjengelige området av bekken som var innenfor utbredelsesområdet for elvemusling (Magerøy & Larsen 2017) og i områder med egnet substrat ovenfor utbredelsesområdet. Dessverre var den aller nederste delen av utbredelsesområdet utilgjengelig pga. høy vannstand (beverdemning i bekken, pers. obs.). Det ble gjennomført målinger i to hovedområder (se Figur 17), delt opp i flere underområder. Til sammen ble det undersøkt ni underområder (underområde 1:1-1:9) i hovedområde 1 og fire underområder (underområde 2:10-2:13) i hovedområde 2 (Foto 8a-m). I hovedområde 1 ble det tatt 6-10 målinger i substratet og 1-2 målinger i de frie vannmassene per underområde. Disse målingene fordelte seg på 4-5 transekter per underområde. I hovedområde 2 ble det tatt 2-11 målinger i substratet og 1-6 målinger i vannmassene per underområde. Disse målingene fordelte seg på 2-6 transekter per underområde. Både transektene og målepunktene innen transektene ble lagt ca. 2 m fra hverandre. For transekter der bekken var mindre enn 4 m bred, ble avstanden mellom målepunktene redusert noe, hvis nødvendig ned til 1 m. Dette gjaldt de fleste av transektene som ble undersøkt. Målinger ble bare gjennomført i de delene av underområdene som hadde vanddekke. I tillegg til redoksmålingene ble det målt vanntemperatur i enkelte underområder, og vannføringen ble evaluert i forhold til nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon.





**Foto 8a-g.** Redoksmålingsunderområder i Vassbotnbekken. Underområde 1:1-1:7 i hovedområde 1. Foto: Jon H. Magerøy.

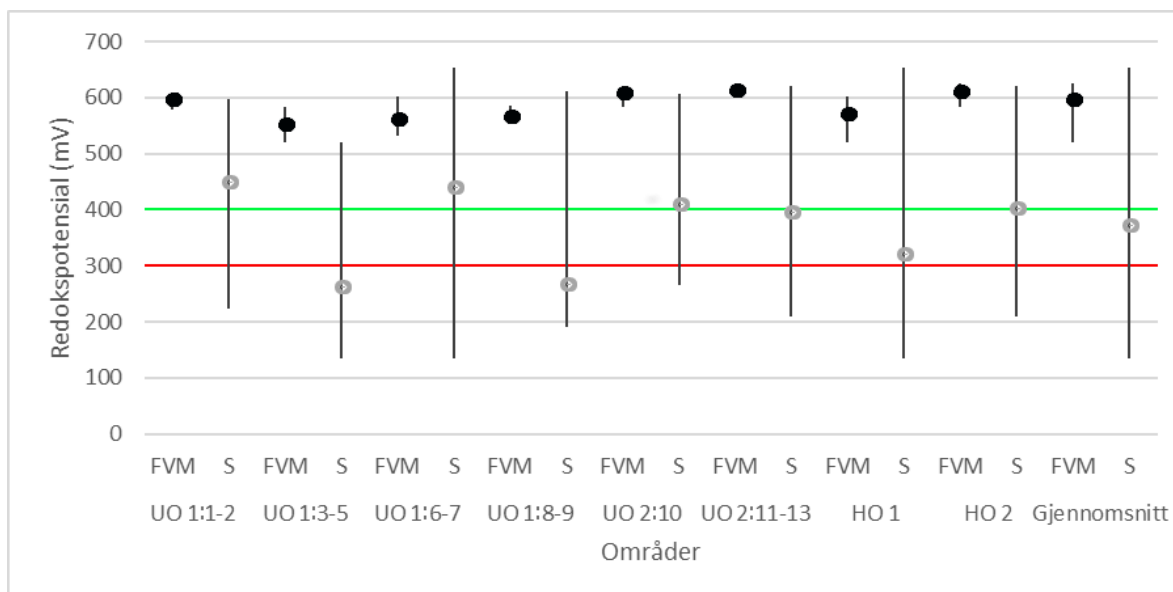




**Foto 8h-m.** Redoksmålingsunderområder i Vassbotnbekken. Underområde 1:8-1:9, i hovedområde 1, og underområde 2:10-2:13, i hovedområde 2. Foto: Jon H. Magerøy.

## 7.4 Resultater

Temperaturen i Vassbotnbekken varierte mellom 10,1 og 11,6 °C. Vannføringen var middels-lav. Resultatene av redoksmålingene fra bekken er beskrevet i detalj i Figur 18 og Tabell 5.



**Figur 18.** Resultater av redoksmålinger i Vassbotnbekken. Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for underområdene (UO), hovedområdene (HO) og gjennomsnittsverdiene for bekken. Hovedområde 1 består av underområdene 1:1-1:9 og hovedområde 2 består av underområdene 2:10-2:13. Underområde 1:1-1:2, 1:3-1:5, 1:6-1:7, 1:8-1:9 og 2:11-2:13 er presentert sammen pga. det lave antall målinger i hvert underområde samtidig som de representerer liknende områder, både bekkemorfologisk og med hensyn til redoksverdiene som ble målt. Minimumsgrensene for god (400 millivolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Figuren er generert i Microsoft Excel 2016.

## 7.5 Diskusjon

I Vassbotnbekken var temperaturen en god del lavere enn den antatte maksimumstemperaturen i bekken (sannsynligvis over 20 °C) og vannføringen noe høyere enn den antatte minimumsvannføringen i bekken. Dermed må man anta at det målte redokspotensialet ligger over det man vil finne under de verste sommerforholdene i bekken.

Medianverdien for reduksjonspotensialet i substratet i Hammerbekken var 371 mV. Dette ligger i grenseland for de minimumsnivåene som er nødvendige for å opprettholde rekrutterende bestander av elvemusling (Geist & Auerswald 2007) og verdien tilsier moderat habitatkvalitet (Larsen 2012). Reduksjonen i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var på 37,7 %. En så stor reduksjon i redokspotensialet ansees som svært problematisk for juvenile muslinger (Killeen 2006). Det var likevel en del av substratet som var av god habitatkvalitet (43,3 % av substratet hadde redokspotensial over 400 mV). Selv om redokspotensialet i substratet tilsier moderat habitatkvalitet og det var en del egnet substrat, tilsier reduksjonen i redokspotensial at habitatkvaliteten generelt sett er dårlig. Dette er kanskje ikke så overraskende, gitt at det har vært minimalt med rekruttering i bestanden i den nærmeste fortid (Kleiven mfl. 2013, Magerøy & Larsen 2017).

Hvis man sammenligner de to hovedområdene i Vassbotnbekken, så viser målingene en stor forskjell. Hovedområde 1 hadde lavt redokspotensial i substratet (320 mV) og en svært stor reduksjon i redokspotensial mellom vannmassene og substratet (43,8 %), men også en del

substrat med god habitatkvalitet for juvenil musling (41,2 %). Hovedområde 2 hadde mye høyere redokspotensial (401 mV), noe lavere reduksjon i redokspotensial (34,2 %) og en høyere andel substrat med god habitatkvalitet (50,0 %). Hvis man ser på underområdene, blir bildet enda mer nyansert. Innenfor hovedområde 1 hadde underområde 1:3-1:5 og 1:8-1:9 svært lavt redokspotensial (henholdsvis 261 og 265 mV), en svært stor reduksjon i redokspotensial (henholdsvis 52,8 og 53,0 %) og en svært lav til lav andel substrat med god habitatkvalitet (henholdsvis 15,0 og 25,0 %). Underområde 1:1-1:2 og 1:6-1:7 hadde mye høyere redokspotensial (henholdsvis 449 og 440 mV), en mye lavere reduksjon i redokspotensial (henholdsvis 24,5 og 21,6 %) og en mye høyere andel substrat med god habitatkvalitet (henholdsvis 71,4 og 61,1 %). Innenfor ho-

**Tabell 5.** Resultater av redoksmålinger i Vassbotnbekken. Tabellen viser resultater for underområdene, hovedområdene og gjennomsnittsverdiene for bekken. Hovedområde 1 består av underområdene 1:1-1:9 og hovedområde 2 består av underområdene 2:10-2:13. Underområde 1:1-1:2, 1:3-1:5, 1:6-1:7, 1:8-1:9 og 2:11-2:13 er presentert sammen pga. det lave antall målinger i hvert underområde samtidig som de representerer liknende områder, både bekkemorfologisk og med hensyn til redoksverdiene som ble målt. De øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redoksverdier over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV.

Parameter	Medium	Underområde 1:1-2	Underområde 1:3-5	Underområde 1:6-7	Underområde 1:8-9	Underområde 2:10	Underområde 2:11-13	Hovedområde 1	Hovedområde 2	Gjennomsnitt
Median redokspotensial (mV)	FVM	594	552	561	564	607	611	569	609	596
	Substrat	449	261	440	265	407	394	320	401	371
Maksimum redokspotensial (mV)	FVM	602	583	603	585	616	626	603	626	626
	Substrat	598	521	654	612	607	621	654	621	654
Minimum redokspotensial (mV)	FVM	578	521	531	563	584	599	521	584	521
	Substrat	224	135	134	191	265	210	134	210	134
% reduksjon	NA	24,5	52,8	21,6	53,0	32,9	35,5	43,8	34,2	37,7
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Substrat	71,4	15,0	61,1	25,0	54,5	45,5	41,2	50,0	43,3
% 400-300 mV	FVM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Substrat	7,1	15,0	11,1	12,5	27,3	36,4	11,8	31,8	16,7
% ≤ 300 mV	FVM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Substrat	21,4	70,0	27,8	62,5	18,2	18,2	47,1	18,2	40,0





**Foto 9.** Beverpåvirkning i Vassbotnbekken. Fotoet er hentet fra Magerøy & Larsen (2017). I den opprinnelige rapporten er det Bilde 12.

vedområde 2 hadde både underområde 2:10 og 2:11-2:13 relativt høyt redokspotensial (henholdsvis 407 og 394 mV) og en god del substrat med god habitatkvalitet (henholdsvis 54,5 og 45,5 %), men reduksjonen i redokspotensial var svært høy (henholdsvis 32,9 og 35,5 %). At hovedområde 1 hadde generelt dårligere forhold enn hovedområde 2 kan nok forklares med at dette hovedområdet var sterkt beverpåvirket (Foto 9, pers. obs.), noe som fører til redusert vannhastighet og økt siltering av substratet. I tillegg er denne delen av bekken naturlig mer stilleflytende enn den er i hovedområde 2 (Foto 8a-m, pers. obs.). De store forskjellene mellom underområdene innenfor hovedområde 1 er vanskeligere å forklare, da det ikke var noen åpenbare årsaker til forskjellene mellom dem (pers. obs.). For å få en bedre forståelse av forskjellene mellom underområdene vil det være nødvendig å få en oversikt over hvor og hvordan næringsstoffer og partikler tilføres bekken. I tillegg vil det være nødvendig å få en bedre forståelse av vannførings- og silteringsdynamikken i systemet.

Basert på disse funnene kunne man anta at hovedområde 2 er bedre egnet, generelt sett, for juvenile musling enn hovedområde 1 i Vassbotnbekken. Selv om redoksverdiene indikerer dette så bør det påpekes at det er sannsynlig av hovedområde 2 har dårligere vertstilgang enn hovedområde 1, pga. vandringshindre for fisk både ovenfor og nedenfor dette området (Magerøy & Larsen 2017). Derfor bør man også vurdere hovedområde 1 for utsetting av juvenil elvemusling fra kultiveringsprogrammet. Innenfor dette hovedområdet utpeker underområde 1:1-1:2 og 1:6-1:7 seg som de best egnede utsettingslokalitetene, med de beste redoksverdiene i hele bekken. Dette området har problemer med beverpåvirkning, og da påvirkningen har økt mellom 2016 og

2017 (pers. obs.) kan det raskt føre til enda dårligere forhold i denne delen av bekken. Det finnes med andre ord egnede utsettingslokaliteter i begge hovedområdene i bekken, men det finnes også potensielle problemer for utsatt musling i begge områdene.

Det er normalt en god sammenheng mellom redokspotensial og rekruttering av elvemusling (Killeen 2006, Geist & Auerswald 2007, Larsen 2012), men på grunn av manglende rekruttering er ikke Vassbotnbekken egnet for en slik sammenligning. I tillegg lar det seg ikke gjøre å sammenlikne redoksverdier (Figur 18 og Tabell 5) direkte med tetthet av musling, basert på elvemuslingdataene fra 2016 (Magerøy & Larsen 2017). Allikevel kan man påpeke at det var mye mer musling i hovedområde 1 enn 2, selv om redoksverdiene tilsier generelt bedre tilstand i område 2. Denne forskjellen kan nok forklares med at muslingtettheten uansett reflekterer historiske forhold i et vassdrag, inkludert andre faktorer enn oksygentilgjengelighet i substratet. Vertstilgangen er for eksempel sannsynligvis lavere i hovedområde 2 enn 1 (Magerøy & Larsen 2017). Dermed er det ikke overraskende at sammenhengen mellom redokspotensial og muslingtetthet i Vassbotnbekken er motsatt av det man kanskje kunne forvente.

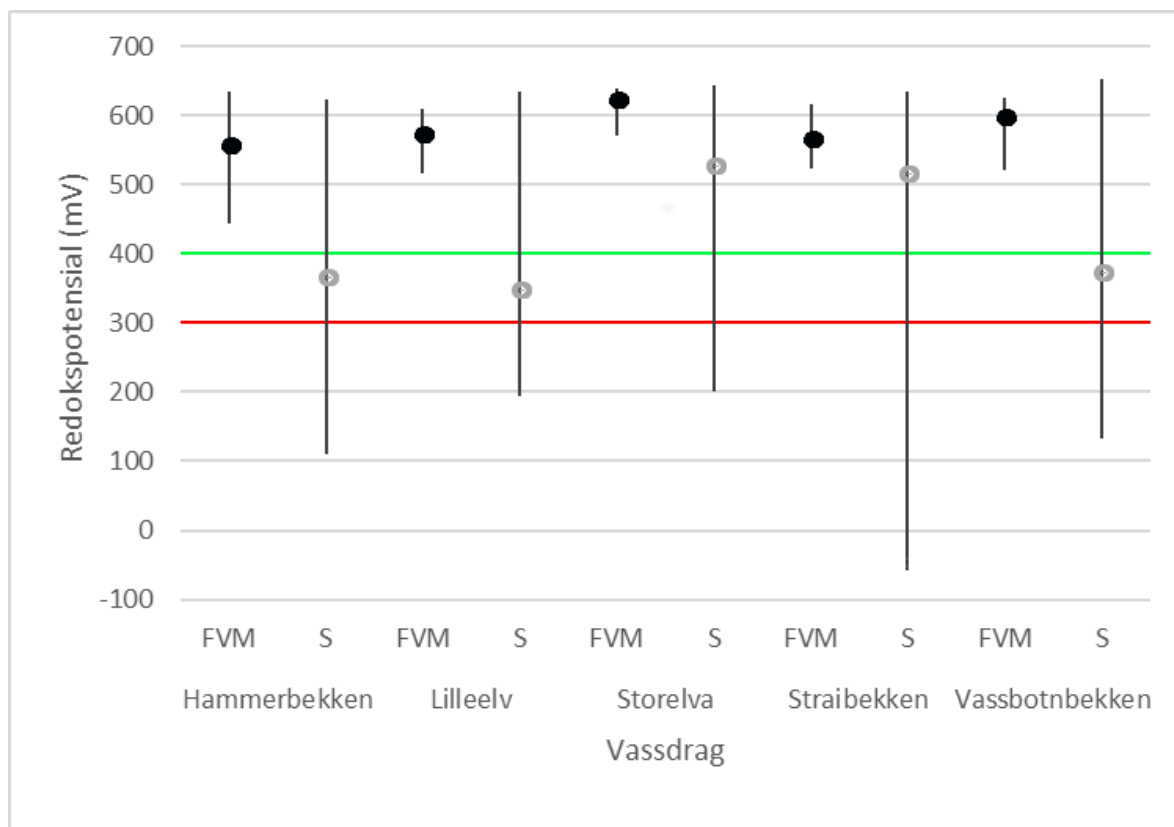
De vannkjemiske undersøkelsene i Vassbotnbekken viser at næringstilførselen til bekken er for høy, og at dette kan bidra til økt eutrofiering og siltering i bekken (Magerøy & Larsen 2017). Dette bidrar også til å forklare den dårlige oksygentilgjengeligheten i substratet i bekken. I følge Magerøy & Larsen (2017) kan de høye næringsverdiene forklares med utslipp fra gårder og bebyggelse i nedbørsfeltet, og at skogen på flere steder er hogd helt ned til bekken. De foreslår identifikasjon og utbedring av punktkilder, og opprettholdelse og gjenoppretting av vegetasjonen langs bekken for å redusere næringstilførselen til bekken. Av mer akutt fare er beveraktiviteten som er stor (Magerøy & Larsen 2017), og har økt mellom 2016 og 2017 (pers. obs.). Beveraktivitet fører til redusert vannhastighet, utgraving av kanaler, rasering av bekkekanten og tilførsel av tremateriale til bekken, noe som fører til økt siltering og redusert oksygentilgjengelighet. Hvis man ønsker å bevare elvemuslingbestanden i Vassbotnbekken, er det nødvendig å redusere eller, aller helst, fjerne beverpåvirkningen i bekken. Dette kan gjøres gjennom å rive eksisterende beverdemninger. Ulempen er at beverne sannsynligvis vil bygge dem opp igjen relativt raskt. Dermed kan det i tillegg være aktuelt å ta ut beveren i bekken og hindre nyetablering ved kontinuerlige uttak. Uttak av et naturlig hjemmehørende dyr er et drastisk og kontroversielt tiltak. Det bør allikevel vurderes siden bestanden i Vassbotnbekken er en av bare syv nåværende bestander av elvemusling i Agder (Magerøy & Larsen under utarbeidelse, NINAs interne database, upubl. mat.) og har stor regional verdi. For øyeblikket finnes den øverste beverdemningen like nedenfor utbredelsesområdet til muslingen, men den fører til oppdemning av store deler av dette området (pers. obs.). Hvis demninger blir bygget innenfor selve utbredelsesområdet og man skulle velge å rive disse beverdemningene, er det viktig at elvemuslingene som står nedenfor disse blir flyttet mens arbeidet pågår. Dette må gjøres for å hindre at muslingene blir begravd av løsmasser fra demningene og det neddemte området bakenfor. Hovedområde 2 og øvre del av hovedområde 1 peker seg ut som egnet for en slik mellomlagring, da det er lite sannsynlig av beverne vil bygge demninger i disse områdene (pers. obs.).

## 8 Oppsummering

Manglende oksygentilgang i substratet (basert på redoksmålinger) var et gjennomgående problem i alle de undersøkte vassdragene. Problemet var størst i Lilleelv og var gradvis mindre i Hammerbekken, Vassbotnbekken, Straibekken og Storelva. Forholdene varierte fra dårlige til gode eller svært gode mellom de ulike vassdragene, men variasjonene var store også innad i de enkelte vassdragene. At alle vassdragene hadde større eller mindre problemer med oksygentilgjengeligheten var tilfellet selv om målingene ble gjennomført ved vanntemperaturer og vannføring som ikke er representativt for de verste forholdene man kan forvente å finne i disse vassdragene. Det er derfor forventet at redokspotensialet vil være enda lavere i løpet av en normal sommer.

I Hammerbekken var den generelle tilstanden dårlig (Figur 19 og Tabell 6). Allikevel var det enkelte av stasjonene som hadde svært god tilstand, men disse lå utenfor dagens og, sannsynligvis, det historiske utbredelsesområde for musling. I tillegg hadde en stasjon innenfor det historiske og en stasjon innenfor dagens utbredelsesområde relativt god tilstand, med unntak av stor reduksjon i redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. Mangelen på stasjoner med god tilstand i dagens utbredelsesområde for musling kan nok forklare hvorfor det har vært minimalt med rekruttering i bestanden (Larsen 2007). Allikevel egner sannsynligvis flere av stasjonene seg for utsetting av elvemusling fra det nasjonale kultiveringsprogrammet, da disse muslingene nok vil tolerere dårligere forhold enn naturlig produserte småmuslinger pga. sin større størrelse (Per Jakobsen, pers. medd.). Det finnes ingen åpenbare årsaker til den dårlige tilstanden i bekken i dag, men det kan hende at den skyldes forhøyet nitrattilførsel og/eller tidligere hogst og veiutbygging i nedbørsfeltet (jf. Larsen 2001, 2006, 2007). Det kan være aktuelt med tiltak, som reetablering av kantevegetasjon og utbedring av punktkilder, for å bedre forholdene i bekken. Det er viktig å gjennomføre nye vannkjemiske undersøkelser i bekken for å avgjøre om forhøyet næringstilførsel eller annen partikkeltilførsel kan forklare tilstanden i bekken. Siden substratet preges av å være ustabil i enkelte deler av bekken, kan det også være aktuelt å tilføre større steiner til disse områdene, for å stabilisere substratet og øke tilgjengeligheten av godt habitat for elvemusling og verstfisk.

I Lilleelv var den generelle tilstanden dårlig (Figur 19 og Tabell 6). Dessverre viser funnene at ingen av de undersøkte stasjonene hadde ideelle forhold for juvenil elvemusling. Allikevel hadde enkelte av stasjonene relativt gode forhold, med unntak av stor reduksjon i redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. Mangelen på stasjoner med god tilstand kan nok forklare hvorfor det har vært minimalt med rekruttering i bestanden (Larsen & Simonsen 2008, Kleiven mfl. 2013). Allikevel er et par av stasjonene sannsynligvis egnet for utsetting av elvemusling fra det nasjonale kultiveringsprogrammet, da disse muslingene nok vil tolerere dårligere forhold enn naturlig produserte småmuslinger pga. sin større størrelse (Per Jakobsen, pers. medd.). Den dårlige tilstanden kan mest sannsynlig forklares med høy turbiditet og partikkelføring i elven (jf. Larsen & Simonsen 2008). Forhøyet nitrattilførsel er en mulig bidragsyter til at tilstanden er som den er, uten at det er åpenbare kilder som kan forklare tilførselen av partikler og næringsstoffer til elven. Disse kildene bør derfor identifiseres og utbedres. Siden substratet preges av å være ustabil i enkelte deler av elven, kan det være aktuelt å tilføre større steiner til disse områdene, for å stabilisere substratet og øke tilgjengeligheten av godt habitat for elvemusling og verstfisk.



**Figur 19.** Resultater av redoksmålinger i Hammerbekken, Lilleelv, Storelva, Straibekken og Sognsvannsbekken. Figuren viser median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for de fem vassdragene. Minimumsgrensene for god (400 milliVolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Figuren er generert i Microsoft Excel 2016.

I Storelva var den generelle tilstanden god til svært god (Figur 19 og Tabell 6). Enkelte av stasjonene hadde imidlertid høy reduksjon i redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet, men alle stasjonene hadde større områder med relativt gode forhold. Dette, sammen med redusert forsuring og pågående kalkingstiltak, kan kanskje forklare hvorfor det har vært en reetablering av muslinger i elven i senere tid (Kleiven mfl. 2013, Larsen & Magerøy 2016b). Dermed vil alle stasjonene kunne egne seg for utsetting av elvemusling fra det nasjonale kultiveringsprogrammet, hvis det skulle bli aktuelt en gang i framtiden.

I Straibekken var den generelle tilstanden god til svært god (Figur 19 og Tabell 6). Selv om tre av stasjonene hadde svært god tilstand, så var det også to stasjoner som hadde svært dårlig tilstand. De to stasjonene med mest elvemusling var blant stasjonene med svært god tilstand, og dermed er det kanskje overraskende at det ikke var noen tegn på rekruttering i bekken (Magerøy 2017). Dette kan nok forklares av andre årsaker, som bestandens lave størrelse, mulige forsøringsproblemer, hogst, lite kantvegetasjon, beitedyrs tilgang til bekken, og/eller næringstilførsel til bekken fra jordbruk og bebyggelse (Magerøy 2017). Allikevel er et par av stasjonene sannsynligvis egnet for utsetting av elvemusling fra det nasjonale kultiveringsprogrammet, hvis det skulle bli aktuelt en gang i framtiden. Det er ønskelig å gjennomføre vannkjemiske undersøkelser i bekken, for å bekrefte eller avkrefte om forhøyet næringstilførsel og siltering er et problem i bekken. Hvis det viser seg at næringstilførsel er et problem, så vil det være ønskelig å reetablere kantvegetasjon langs bekken, redusere tilgangen for beitedyr, og



identifisere og utbedre eventuelle forurensningskilder. Siden substratet i tillegg preges av å være ustabil i store deler av bekken, kan det også være aktuelt å tilføre større steiner til disse områdene, for å stabilisere substratet og øke tilgjengeligheten av godt habitat for elvemusling og verstfisk.

I Vassbotnbekken var den generelle tilstanden dårlig (Figur 19 og Tabell 6). Allikevel hadde hovedområde 2 og enkelte underområder i hovedområde 1 relativt god tilstand, med unntak av stor til svært stor reduksjon i redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. Mangelen på områder med god tilstand kan nok forklare hvorfor det ikke har vært rekruttering i bekken i senere tid (Kleiven mfl. 2013, Magerøy & Larsen 2017). Allikevel kan flere av under-

**Tabell 6.** Resultater av redoksmålinger i Hammerbekken, Lilleelv, Storelva, Straibekken og Vassbotnbekken. Tabellen viser gjennomsnittet av målingene for de fem vassdragene. De øvre radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial i de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nedre radene viser prosentandel redoksverdier over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV.

Parameter	Medium	Hammerbekken	Lilleelv	Storelva	Straibekken	Vassbotnbekken
Median redokspotensial (mV)	FVM	556	572	622	565	596
	Substrat	364	347	525	515	371
Maksimum redokspotensial (mV)	FVM	634	610	640	617	626
	Substrat	624	634	643	635	654
Minimum redokspotensial (mV)	FVM	443	517	571	523	521
	Substrat	110	194	200	-58	134
% reduksjon	NA	34,5	39,4	15,5	8,9	37,7
% ≥ 400 mV	FVM	100	100	100	100	100
	Substrat	44,0	32,5	81,1	63,8	43,3
% 400-300 mV	FVM	0	0	0	0	0
	Substrat	22,7	44,2	11,7	12,5	16,7
% ≤ 300 mV	FVM	0	0	0	0	0
	Substrat	33,3	23,3	7,2	23,8	40,0

områdene sannsynligvis benyttes for utsetting av elvemusling fra det nasjonale kultiveringsprogrammet, da disse muslingene sannsynligvis vil tolerere dårligere forhold enn naturligproduserte småmuslinger pga. sin større størrelse (Per Jakobsen, pers. medd.). Den dårlige tilstanden i bekken kan delvis forklares med høy næringstilførsel til bekken. Dermed er det nødvendig å identifisere og utbedre punktkilder, og opprettholde og gjenopprette vegetasjonen langs bekken for å redusere siltering i bekken. En annen viktig årsak til den dårlige tilstanden i bekken er stor beveraktivitet, som også bidrar til økt siltering (Magerøy & Larsen 2017, pers. obs.). Hvis man ønsker å bevare bestanden av elvemusling, er det nødvendig å redusere beverpåvirkningen ved å fjerne demningene og vurdere uttak av beverne.

En av hovedårsakene til manglende rekruttering i elvemuslingbestander er redusert oksygentilgang i substratet pga. økt næringstilførsel og siltering (Larsen 1997, 2005). Siden alle de undersøkte vassdragene har nokså liten eller ingen rekruttering (Larsen 2007, Larsen & Simonsen 2008, Kleiven mfl. 2013, Larsen & Magerøy 2016b, Magerøy 2017, Magerøy & Larsen 2017), er det ikke overraskende at mangel på oksygen nede i elvegrusen, der muslingene lever i de første årene, er et gjennomgående problem i alle disse vassdragene. Økt næringstilførsel er nok en av grunnene til den økte silteringen, men siltering kan også foregå pga. andre årsaker. I Hammerbekken har det vært hogst og veiutbygging som kanskje fremdeles er blant årsakene, i Lilleelv er det stor partikkeltilførsel uten at årsaken er kjent, i Storelva er silteringsproblemene små, i Straibekken er nok hogst og beitedyr blant årsakene, og i Vassbotnbekken er nok stor beveraktivitet og hogst blant årsakene. Uansett bør tiltak gjennomføres for å redusere silteringen i alle disse vassdragene, kanskje med unntak av Storelva, og det kan være ønskelig å tilføre større steiner til flere av vassdragene, for å endre sedimenteringsdynamikken og øke habitatkvaliteten for muslinger og vertsfisk.

## 9 Referanser

- Aanes, K.J. 2003. Overvåking av vannkvaliteten i nedre Otra med sidebekker ved hjelp av vassdragets bunnfauna: Årene 2001 og 2002. NIVA Rapport L.NR. 4673-2003. 62 s.
- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. & Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT Veiledning 97:04. 31 s.
- BERGGRUNN. 2017. Nasjonal berggrunnsdatabase. Norges Geologiske Undersøkelse, Trondheim, Norge.
- Degerman, E., Alexanderson, S., Bergengren, J., Henrikson, L., Johansson, B.-E., Larsen, B.M. & Söderberg, H. 2009. Restaurering av flodpärlmusselvatten. WWF Sverige, Solna, Sverige. 64 s.
- Direktoratsgruppen. 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann: Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Norsk Klassifiseringssystem for Vann i Henhold til Vannforskriften Veileder 02:2013 - revidert 2015. 117 s.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 1993. Audna: Elvemuslingprosjektet. S. 29-30 i: Romundstad, A.J. (red.) 1993. Kalking i vann og vassdrag 1991: FoU-årsrapporter. DN-Notat 1993-1. 281 s.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 1997. Elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* i Norge 2. NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk Notat 1997-2. 33 s.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 2004. The impact of acidic precipitation and eutrophication on the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in Southern Norway. Fauna Norvegica 52: 7-18.
- Eckström, A. 1792. A. Eckströms Sandfærdige Fortællinger og Hændelser (En Bagatelle af vore Dage). Christiania.
- Geist, J. 2007. Untersuchungen zur Substratqualität in der Our (Luxemburg): EUProjekt LIFE05Nat/L/000116 "Restauration des populations des moules perlières en Ardennes". Upublisert Rapport. 38 s.
- Geist, J. & Auerswald, K. 2007. Physiochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). Freshwater Biology 52: 2299-2316.
- GeoNorge. 2017. Norge Digitalt. Kartverket, GEOVEKST og kommunene.
- Gregersen, H. 2009. Elvemusling i Otra. Email 18.05.2009.
- Haavik, A. & Løvdal, I. 2011. Forvaltningsplan for Berse naturreservat: Birkenes kommune, Aust-Agder. Fylkesmannen i Aust-Agder Forvaltningsplan 2011-2021. 30 s.
- Helland, A. 1904. Norges Land og Folk Topografisk-Statistisk Beskrevet. IX: Nedenes amt. 2.del. H. Aschehoug & Co. (W. Nygaard), Kristiania. 620 s.
- Hindar, A. 2012. 7. Vegårvassdraget: 2 Vannkjemi. S. 39-41 i: Miljødirektoratet. 2012. Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør: Tiltaksovervåking i 2012. Miljødirektoratet Rapport M-18. 410 s.
- Hindar, A. 2014. Vegårvassdraget: 2 Vannkjemi. S. 24-27 i: Miljødirektoratet. 2014. Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør: Tiltaksovervåking i 2013. Miljødirektoratet Rapport M-208. 390 s.
- Hindar, A. 2016. 7 Vegårvassdraget: 2 Vannkjemi. S. 26-29 i: Miljødirektoratet. 2016. Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør: Tiltaksovervåking i 2015. Miljødirektoratet Rapport M-582. 397 s.
- Jakobsen, P., Bjånesøy, T. & Marwaha, J. 2013. Storskala produksjon av elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) for utsetting: 2012. Universitetet i Bergen, Institutt for biologi. Rapport til Miljødirektoratet. 17 s.
- Jakobsen, P. & Jakobsen, R.A. 2014. Rapport 2013 for prosjektet: Storskala kultivering av elvemusling som bevaringstiltak. Universitetet i Bergen, Institutt for biologi. Rapport til Miljødirektoratet. 32 s.
- Jakobsen, P., Jakobsen, R.A. & Bjånesøy, T. 2015. Årsrapport 2014: Kultivering av elvemusling for gjenutsetting. Universitetet i Bergen, Institutt for biologi. Rapport til Miljødirektoratet. 40 s.
- Jakobsen, P., Wathne, I. & Jakobsen, A. 2017. Storskala produksjon av elvemusling som bevaringstiltak 2016. Universitetet i Bergen, Institutt for biologi. Rapport til Miljødirektoratet og Fylkesmannen i Hordaland. 23 s.

- Karlsson, S. & Larsen, B.M. (red.) 2013. Genetiske analyser av elvemusling *Margaritifera margaritifera* (L.): Et nødvendig verktøy for riktig forvaltning av arten. NINA Rapport 926. 44 s.
- Karlsson, S., Larsen, B.M. & Hindar, K. 2014. Host-dependent genetic variation in freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). *Hydrobiologia* 735: 179-190.
- Kaste, Ø., Larsen, B.M., Lindstrøm, E.-A. & Aanes, K.J. 2000. Tiltaksorientert overvåking av Otra i 1999. NIVA Rapport O-97034. 56 s.
- Kiland, H., Johansen, B.S., Simonsen, J.H. & Solvang, R. 1999. Ny E18 Brokelandsheia - Akland: Verknader for fugl, fisk, vassdrag, sjeldne og sårbare dyrearter. Sørnorsk Økosenter, Rapport. 27 s.
- Killeen, I.J. 2006. The freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L., 1758) in the River Ehen, Cumbria: Report on the 2006 survey. Unpublished report to the Environment Agency, Penrith, England.
- Killeen, I.J. 2011. Monitoring substrate and interstitial quality of the River Our, Luxembourg: EU-Project LIFE05Nat/L/000116 "Restauration des populations des moules perlières en Ardennes". Upublisert Rapport.
- Kleiven, E. & Barlaup, B.T. 2006. Prøvefiske i Vegår i 2006. S. 9-13 i: Weideborg, M. (red.) 2006. Vegårvassdraget. DN-Notat. 18 s.
- Kleiven, E. & Dolmen, D. 2008a. Forsuring: En viktig årsak til tilbakegang for elvemusling. pH-status 2: 10-11.
- Kleiven, E. & Dolmen, D. 2008b. Overleving og vekst på utsett elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Audna, Vest-Agder. NIVA Rapport L.NR. 5849-2008. 18 s.
- Kleiven, E. & Dolmen, D. 2009. Søk etter mogleg rekruttering av elvemusling i Audna, Vest-Agder. NIVA Rapport L.NR. 5849-2009. 20 s.
- Kleiven, E., Håvardstun, J., Dolmen, D. & Güttrup, J. 2013. Historisk kunnskap og status for elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* i Aust-Agder. NIVA Rapport L.NR. 6607-2013. 55 s.
- Kroglund, F., Høgberget, R., Hindar, K., Østborg, G. & Balstad, T. 2008. Laks og vannkvalitet i Otra, 1990–2006. NIVA Rapport L.NR. 5531-2008. 49 s.
- Kroglund, F. & Kaste, Ø. 2002. Forsuringsstatus og tiltaksplan mot forsuring i Nedre Otra, Vest-Agder. NIVA Rapport L.NR. 4588-2002. 31 s.
- Kroglund, F., Larsen, B.M., Kaste, Ø. & Aanes, K.J. 2001. Tiltaksorientert overvåking av Otra i 2000. NIVA Rapport L.NR. 4429-2001. 56 s.
- Larsen, B.M. 1997. Elvemusling (*Margaritifera margaritifera* L.): Litteraturstudie med oppsummering av nasjonal og internasjonal kunnskapsstatus. NINA Fagrapport 28. 51 s.
- Larsen, B.M. 2001. Bestandssituasjon for laks og elvemusling i Hammerbekken og tiltak for å bevare disse nedstrøms Aklandstjern, Aust-Agder: Utredningsarbeid i forbindelse med ny E18 Brokelandsheia - Vinterkjær. NINA Oppdragsmelding 682. 25 s.
- Larsen, B.M. 2002. Overvåking av vannkvalitet, fisk og elvemusling i Hammerbekken, Aust-Agder i forbindelse med E 18-utbygging Brokelandsheia-Vinterkjær: Årsrapport 2001. NINA Upublisert Rapport til Statens Vegvesen. 29 s.
- Larsen, B.M. 2005. Handlingsplan for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge: Innspill til den faglige delen av handlingsplanen. NINA Rapport 122. 38 s.
- Larsen, B.M. 2006. Overvåking av vannkvalitet, fisk og elvemusling i Hammerbekken, Aust-Agder i forbindelse med E18-utbygging Brokelandsheia – Vinterkjær 2000-2005. NINA Rapport 149. 37 s.
- Larsen, B.M. 2007. Elvemusling og fisk i Hammerbekken, Aust-Agder: Etterundersøkelser i forbindelse med utslipp av dieselolje i vassdraget høsten 2006. NINA Rapport 319. 17 s.
- Larsen, B.M. 2012. Redokspotensial som metode for å kartlegge substratkvalitet for elvemusling. S. 46-65 i: Larsen, B.M. (red.). Elvemusling og konsekvenser av vassdragsreguleringer: En kunnskapsoppsummering. Rapport Miljøbasert Vannføring 8-2012. 172 s.
- Larsen, B.M. 2015. En oppsummering av tiltak for elvemusling i Norge iverksatt gjennom handlingsplanen eller tilskuddsordningen for prioriterte arter. NINA Rapport 1208. 64 s.
- Larsen, B.M. 2017. Overvåking av elvemusling i Norge: Oppsummering av det norske overvåkingsprogrammet i perioden 1999-2015. NINA Rapport 1350. 156 s.
- Larsen, B.M., Berger, H.M., Kleiven, E., Kvellestad, A. & Saksgård, L. 2001. 3 Anadrom fisk. S. 4-8 i: Kaste, Ø. (red.) 2001. Vegårvassdraget. DN-Notat. 16 s.
- Larsen, B.M. & Hartvigsen, R. 1999. Metodikk for feltundersøkelser og kategorisering av elvemusling *Margaritifera margaritifera*. NINA Fagrapport 37. 41 s.



- Larsen, B.M. & Magerøy, J. 2016a. Flytting av elvemusling i Audna, Vest-Agder. NINA Upublisert Rapport. 18 s.
- Larsen, B.M. & Magerøy, J.H. 2016b. Elvemusling i Storelva (Vegårvassdraget), Aust-Agder. NINA Upublisert Rapport. 20 s.
- Larsen, B.M. & Simonsen, J.H. 2001. Lilleelv, Aust-Agder (vassdragsnr. 019.A1Z). S. 8-15 i: Larsen, B.M. (red.) 2001. Overvåking av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge: Årsrapport 2000. NINA Oppdragsmelding 725. 45 s.
- Larsen, B.M. & Simonsen, J.H. 2008. Lilleelv, Aust-Agder (vassdragsnr. 019.A1Z). S. 9-19 i: Larsen, B.M. (red.) 2008. Overvåking av elvemusling i Norge: Årsrapport for 2006 og 2007. NINA Rapport 417. 60 s.
- Lilleholt, E. 1994. Perlefiskeren Tarald Torjesen Midtbø: Bondesønnen fra Holt sogn som kom i kongens tjeneste. S. 59-65 i: Bjorvatn, Ø. & Frognes, K. (red.). 1994. Dengang - På våre kanter: Årbok 1994. Historielaget for Dypvåg, Holt og Tvedestrand.
- Lois Lugilde, S. 2015. Sampling, Modelling and Prediction for Freshwater Species across River Ecosystems: An Example with the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera* (L., 1758). Ph.D. Thesis, Department of Zoology and Physical Anthropology, University of Santiago de Compostela, Spain. 218 s.
- Magerøy, J.H. 2017. Elvemusling i Otra og sidebekker: Snorkle- og vadesøk. NINA Prosjektnotat 14. 13 s.
- Magerøy, J. & Larsen, B.M. 2017. Elvemusling i Vassbotnbekken og Møllebekken, Birkenes kommune, Aust-Agder: Bestandsstatus og bevaringstiltak. NINA Kortrapport 70. 28 s.
- Magerøy, J. & Larsen, B.M. Under utarbeidelse. Handlingsplan for elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* i Agder: Status, trusler og tiltak. NINA Rapport 1424.
- Matzow, D., Simonsen, J.H. & Valland, N. 1990. Registrering av sjørretvassdrag i Aust-Agder: 1988-1989. Fylkesmannen i Aust-Agder, Miljøvernnavdelingen, Rapport 5-1990. 66 s.
- Moorkens, E.A., Killeen, I.J. & Ross, E. 2007. *Margaritifera margaritifera* (the freshwater pearl mussel) conservation assessment: Backing document. Report to the National Parks and Wildlife Service, Dublin, Ireland. 42 s.
- NEVINA. 2017. Nedbørfelt-vannføring-indeks-analyse. Norges Vassdrags- og Energidirektorat, Oslo, Norge.
- Norconsult. 2015. E18 Arendal Tvedestrand delstrekning 1: Søknad om utslippstillatelse for midlertidig anleggsdrift. Søknad for Statens Vegvesen Region Sør. 101 s.
- NORGESKART. 2017. Kartutsnitt. <http://www.norgeskart.no/>
- NVE. 2017a. Vannføring for Lilleelv Nr. 19.107.0. <http://www2.nve.no/>
- NVE. 2017b. Vannføring for Lundevann Nr. 18.4.0. <http://www2.nve.no/>
- Nålsund, P. & Padget, P. 1988. Pukkundersøkelser i Aust-Agder. NGU-rapport nr. 86.218. 75 s.
- QGIS Developmental Team. 2016. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. <http://qgis.osegeo.org>
- Quinlan, E., Gibbins, C., Malcolm, I., Batalla, R., Vericat, D. & Hastie, L. 2015. A review of the physical habitat requirements and research priorities needed to underpin conservation of the endangered freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 25: 107-124.
- Roni, P., Beechie, T.J., Bilby, R.E., Leonetti, F.E., Pollock, M.M. & Pess, G.R. 2002. A review of stream restoration techniques and a hierarchical strategy for prioritizing restoration in Pacific Northwestern watersheds. North American Journal of Fisheries Management 22: 1-20.
- Saltveit, S.J., Braband, Å., Bremnes, T., Kleiven, E. & Pavels, H. 2009. 3 Fisk. 2009. S. 6-10 i: Weideborg, M. (red.) 2009. Vegårvassdraget. DN-Notat. 14 s.
- Simonsen, J.H. 1995. Fiskeundersøkelser i Lilleelvvassdraget 1995. Rapport. 20 s.
- Simonsen, J.H. 1999. Registrering av sjøarebekker i Aust-Agder. Fylkesmannen i Aust-Agder, Miljøvernnavdelingen, Rapport 1-1999. 181 s.
- Smokorowski, K.E. & Pratt, T.C. 2007. Effects of a change in physical structure and cover on fish habitat in freshwater ecosystems: A review and meta-analysis. Environmental Reviews 15: 15-41.
- VANNMILJØ. 2017. Vannmiljø: Registrering og analyse av tilstand i vann. Miljødirektoratet, Trondheim, Norge.

- Vannote, R.L. & Minshall, G.W. 1982. Fluvial processes and local lithology controlling abundance, structure, and composition of mussel beds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 79: 4103-4107.
- Økland, J. & Økland, K.A. 1998. Samling/kartotek over opplysninger om elvemusling samlet av J. Økland og K. A. Økland. Universitetet i Oslo. Arkivert hos Bjørn Mejdell Larsen, Norsk institutt for naturforskning.



*Norsk institutt for naturforskning, NINA, er ein uavhengig stiftelse som forskar på natur og samspelet natur–samfunn.*

*NINA vart etablert i 1988. Hovudkontoret er i Trondheim, med avdelingskontor i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driv NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskingsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.*

*NINA driv både med forskning og utgreiing, miljøovervaking, rådgjeving og evaluering. Instituttet har stor breidde i kompetanse og erfaring, med både naturvitarar og samfunnsvitarar i staben. Vi har kunnskap om artane, naturtypene, menneska sin bruk av naturen og korleis dei store drivkreftene i naturen verkar.*

ISSN:1504-3312  
ISBN: 978-82-426-3148-0

## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovudkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: [firmapost@nina.no](mailto:firmapost@nina.no)

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger